



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA FAMILIAR  
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD ACADÉMICA  
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR NO. 47 SAN LUIS POTOSÍ

ASOCIACION DEL PATRON TERMOGRAFICO DE AMBOS MIEMBROS PELVICOS Y LA HEMOGLOBINA GLUCOSILADA HGA1C EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS DEL HGZ NO. 01 CON MEDICINA FAMILIAR DEL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL DE SAN LUIS POTOSI.

TRABAJO PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN MEDICINA FAMILIAR

PRESENTA:

MARIA GUADALUPE MEDINA RANGEL

NÚMERO DE REGISTRO R-2019-2402-043

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ASOCIACION DEL PATRON TERMOGRAFICO DE AMBOS MIEMBROS PELVICOS Y LA HEMOGLOBINA GLUCOSILADA HGA1C EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS DEL HGZ NO. 01 CON MEDICINA FAMILIAR DEL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL DE SAN LUIS POTOSI.**

TRABAJO PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA FAMILIAR

PRESENTA:

**MARIA GUADALUPE MEDINA RANGEL**

AUTORIZACIONES:

  
DR. JUAN SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE PLANEACIÓN Y ENLACE INSTITUCIONAL  
DELEGACIÓN SAN LUIS POTOSÍ

  
DRA. LORRAINE TERRAZAS RODRÍGUEZ  
COORDINADOR AUXILIAR MÉDICO DE EDUCACIÓN  
DELEGACIÓN SAN LUIS POTOSÍ

  
DR. CARLOS VICENTE RODRÍGUEZ PÉREZ  
COORDINADOR CLÍNICO DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
MÉDICA

  
DRA. JULIETA BERENICE BARBOSA ROJAS  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
MEDICINA FAMILIAR PARA MÉDICOS GENERALES EN UMF 47  
S.L.P.  
ASESOR DE TESIS

**ASOCIACION DEL PATRON TERMOGRAFICO DE AMBOS MIEMBROS PELVICOS Y LA HEMOGLOBINA GLUCOSILADA HGA1C EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS DEL HGZ NO. 01 CON MEDICINA FAMILIAR DEL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL DE SAN LUIS POTOSI.**

**TRABAJO PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN MEDICINA FAMILIAR**

**PRESENTA:**

**MARIA GUADALUPE MEDINA RANGEL**

**AUTORIZACIONES:**



**DR. JAVIER SANTA CRUZ VARELA  
JEFE DE LA SUBDIVISION DE MEDICINA FAMILIAR  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE MEDICINA, U.N.A.M.**



**DR. ISAÍAS HERNÁNDEZ TORRES  
COORDINADOR DE DOCENCIA  
DE LA SUBDIVISION DE MEDICINA FAMILIAR  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE MEDICINA U.N.A.M.**



**DR. GEOVANI LÓPEZ ORTIZ  
COORDINADOR DE INV ESTIGACIÓN  
DE LA SUBDIVISION DE MEDICINA FAMILIAR  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE MEDICINA U.N.A.M.**

**ASOCIACION DEL PATRON TERMOGRAFICO DE AMBOS  
MIEMBROS PELVICOS Y LA HEMOGLOBINA GLUCOSILADA  
HGA1C EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS DEL HGZ  
NO. 01 CON MEDICINA FAMILIAR DEL INSTITUTO MEXICANO  
DEL SEGURO SOCIAL DE SAN LUIS POTOSI.**



**Dra. Julieta Berenice Barbosa Rojas**  
Asesor Metodológico  
Médico Familiar

Profesora Titular del Curso de Medicina Familiar para Médicos  
Generales del  
IMSS

Unidad de Medicina Familiar No. 47 IMSS  
Correo electrónico: julieta.barbosa@imss.gob.mx



**Dr. Mario Martínez Jiménez**  
Asesor Clínico

Cirujano General, Maestro en Ciencias, Profesor-Investigador  
Jefe de la Unidad de Quemados del Hospital Central Dr. Ignacio  
Morones Prieto

Facultad de Medicina, UASLP.  
Correo electrónico: mario.jimenez@uaslp.mx



**MI. Rogelio Castillo Morquecho**  
Asesor Estadístico

Maestro en Ingeniería de la Computación  
Correo electrónico: morquecho.rogelio@gmail.com



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud 2402  
H GRAL ZONA -MF- NUM 1

Registro COFEPRIS 17 CI 24 028 082

Registro CONBIOTICA CONBIOTICA 24 CEI 603 2016072

FECHA Miércoles, 30 de octubre de 2019

Dr. María Guadalupe Medina Rangel

PRESENTE

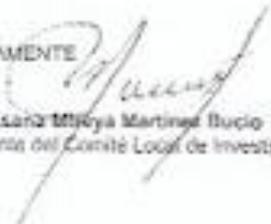
Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título ASOCIACION DEL PATRON TERMOGRAFICO DE AMBOS MIEMBROS PELVICOS Y LA HEMOGLOBINA GLUCOSILADA HGA1C EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS DEL HGZ NO. 01 CON MEDICINA FAMILIAR que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumplió con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A.P.R.O.B.A.D.O**.

Numero de Registro Institucional

R-2019-2402-043

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

  
Dr. Rossana Mirya Martínez Bucio  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 2402

Imprimir

IMSS

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

## INDICE

Resumen.....	8
Introducción.....	10
Antecedentes.....	13
Marco teórico.....	15
Planteamiento del problema.....	18
Justificación.....	19
Objetivos.....	21
Hipótesis.....	21
Metodología.....	22
Muestra.....	22
Criterios de selección.....	23
Variables.....	24
Instrumentos.....	25
Recursos.....	25
Procedimiento.....	26
Análisis estadístico.....	27
Consideraciones éticas.....	28
Resultados.....	29
Discusión.....	35
Conclusiones.....	36
Sugerencias.....	36

Limitantes.....	37
Bibliografía.....	38
Anexo (Carta de consentimiento informado).....	45
Anexo (Cuestionario paciente).....	47
Anexo (Cronograma de actividades).....	48
Anexo (Cámara termográfica).....	49

ASOCIACION DEL PATRON TERMOGRAFICO DE AMBOS MIEMBROS PELVICOS Y LA HEMOGLOBINA GLUCOSILADA HGA1C EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS DEL HGZ NO. 01 CON MEDICINA FAMILIAR DEL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL EN SAN LUIS POTOSI.

Medina-Rangel G<sup>1</sup>, Barbosa-Rojas J. B.<sup>2</sup>, Martínez-Jiménez M.<sup>3</sup>, Castillo-Morquecho, R.<sup>4</sup>

*Médico del Curso de Especialización en Medicina Familiar para Médicos Generales de Base del IMSS<sup>1</sup>, Profesor titular del Curso de Especialización en Medicina Familiar para Médicos Generales del IMSS<sup>2</sup>, Jefe de la Unidad de Quemados del Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto<sup>3</sup>; Maestro en Ingeniería de la Computación<sup>4</sup>*

## RESUMEN

La Diabetes Mellitus describe varias enfermedades con metabolismo anormal de carbohidratos que se caracteriza por hiperglicemia, asociándose con un deterioro relativo o absoluto en la secreción de insulina y de varios grados de resistencia periférica a la acción de dicha hormona (1). Lo anterior puede originar múltiples complicaciones microvasculares en ojos, riñón y extremidades inferiores; así como neuropatías periféricas y frecuentemente, lesiones macrovasculares y coronarias (2).

Investigadores han informado beneficio del uso de la termografía infrarroja en la evaluación de trastornos musculoesqueléticos, neuropatía diabética y vasculopatía. La termografía es una herramienta que no requiere contacto; ésta detecta la temperatura de la superficie en un punto particular de un objeto. Las imágenes térmicas obtenidas son útiles para encontrar diferencias de temperatura y cuantificar sus cambios sensibles en la piel, lo cual ocurre con procesos patológicos como son la inflamación de los tejidos blandos y la posterior degradación de los mismos (3).

La Diabetes Mellitus es una patología que puede ocasionar complicaciones microangiopáticas en los pacientes que la padecen; con daño a su salud integral

y calidad de vida. Por lo anterior, es de suma importancia detectar en fase temprana estas complicaciones a través de patrones termográficos para tratamiento precoz y prevención de lesiones mayores. El objetivo general de este análisis es asociar el patrón termografico de región plantar de ambos miembros inferiores con los niveles de hemoglobina glucosilada.

Se trata de un estudio observacional, analítico, transversal, de casos y controles, con 51 participantes en total, 24 pacientes diabéticos y 27 no diabéticos en grupo control. Al término de la investigación, se puede comentar que aquellos pacientes diabéticos con HbA1c >6.5% tienen una temperatura absoluta mayor en los pies que en los que es menor. Por otro lado los puntos de interés E1,E2,E3 (correspondientes al 1er, 3er y 5º orjejos) tienen un margen mayor de diferencia de temperatura que el resto. Finalmente la distribución de la temperatura de aquellos pacientes diabéticos con HbA1 >6.5 es más homogénea con respecto a los que tienen HbA1c <6.5.

### **PALABRAS CLAVES:**

Diabetes mellitus, termografía, Hemoglobina glucosilada, miembros pélvicos.

## INTRODUCCION

La Asociación Americana de Diabetes emitió criterios diagnósticos para diabetes mellitus en 1997, con revisiones en 2003 y 2010. Actualmente el diagnóstico se realiza con: Hemoglobina glucosilada, glucosa plasmática en ayuno, glucemia elevada en forma aleatoria con síntomas o con prueba de tolerancia a glucosa oral anormal (4).

La prevalencia global de diabetes en adultos de 20 a 79 años de edad de acuerdo al reporte publicado en 2013 por la Federación Internacional de Diabetes era de 8.3% ósea, 382 millones de personas; refiriéndose que existen 14 millones más de varones diabéticos que mujeres que padecen la enfermedad (198 millones de hombres Vs 184 millones de mujeres). La mayoría de las personas enfermas se encuentran entre las edades de 40-59 años de edad y se cree que para el año 2035 el número se incremente arriba de 592 millones y se alcance una prevalencia global de 10.1%. El problema es que existen cerca de 175 millones de casos aún no diagnosticados, por lo que el número de personas que sufren de diabetes excedería el medio billón (5).

Se ha estudiado la naturaleza epidémica de la Diabetes Mellitus en diferentes regiones del mundo, encontrando que en la región Oeste del Pacífico se refiere el mayor número de adultos diagnosticados con dicha enfermedad y cuenta con países con la más alta prevalencia de ella, ósea de hasta 37.5%. Según el Atlas de la Federación Internacional de Diabetes en 2013 la prevalencia de Diabetes Mellitus en las islas de Tokelau era de 37.49%, en las de Micronesia del 35.03% dentro de la zona del Pacífico Oeste; en Medio Oriente Arabia Saudita con el 23.87% y Kuwait 23.09%; en Norteamérica la Guyana con 15.86% y Curazao con 14.46% y sobresaliendo en Europa, Turquía con 14.85% (5).

Se ha calificado a esta enfermedad metabólica como factor de riesgo importante para todas las formas de enfermedad cardiovascular, siendo ésta la causa más común de muerte en adultos diabéticos (4). En el caso de la enfermedad arterial periférica, ésta afecta a más de 8,5 millones de personas en los Estados Unidos,

de los cuales la 1/3 parte son pacientes diabéticos y a menudo no es detectada por la neuropatía concomitante (6,7).

La neuropatía diabética es la complicación sintomática más frecuente y se encuentra en más del 10% de los pacientes al diagnóstico inicial de Diabetes y hasta en 50% después de 10 años de la enfermedad, siendo el factor de riesgo principal para desarrollar úlceras, y por tanto, amputaciones posteriores (8). Se puede comentar que los síntomas típicos de dicha polineuropatía son distales y simétricos y más comúnmente se alteran las extremidades inferiores más que los superiores. Los pacientes refieren entumecimiento, parestesias y hormigueo, sensación de comezón, además de dolor, ardor y sensación de dolorimiento, siendo todo lo anterior de predominio nocturno (9).

La neuropatía diabética se clasifica en diferentes síndromes clínicos, siendo las más frecuentes: polineuropatía simétrica distal, neuropatía autonómica, enfermedad de la raíz del nervio torácico y lumbar (causa polirradiculopatías), mononeuropatías de nervios craneales o periféricos (10).

Se han utilizado instrumentos de tamizaje para el diagnóstico de neuropatía diabética, como el Michigan Neuropathy Screening Instrument (MNSI), el cual consta de un cuestionario de 15 preguntas (Si/No) a resolver por el paciente y una revisión clínica de las extremidades inferiores realizado por el médico buscando piel seca, callos, fisuras, infecciones, deformidades; además de valoración del reflejo Aquileo y la presencia o ausencia de la sensación de vibración con un diapason de 128 Hz en el primer orjejo (11,12).

Otro instrumento similar es la Escala de Neuropatía Temprana de Utah (UENS), la cual se alinea con las recomendaciones de la American Diabetes Association de 2017; añade la revisión de sensibilidad al utilizar un alfiler de 1.75 pulgadas en un patrón distal a proximal y la fuerza presente en el primer orjejo (13). El United Kingdom Screening Test fue desarrollado también para detectar neuropatía, y consiste en una puntuación a los síntomas descritos por el paciente y un examen físico (14).

Se utilizan pruebas electrodiagnósticas en neuropatía diabética sólo cuando la

presentación clínica es atípica (10).

Otros factores de riesgo que pueden provocar heridas en el pie de pacientes diabéticos son úlceras o amputaciones previas, deformidad del pie que conduce a un exceso de presión, trauma externo, infección, efectos de la isquemia crónica (esto por enfermedad arterial periférica) y pérdida de la sensación protectora debido a neuropatía. Por otro lado estos pacientes tienen mayor riesgo de no curación relacionado con factores mecánicos y citogénicos (15).

Se deberán inspeccionar en forma visual los pies de los pacientes diabéticos en cada visita rutinaria, esto para identificar problemas con el cuidado de las uñas, calzado que no ajuste bien (lo cual genera barotrauma), infecciones fúngicas y formación de callos que pueden provocar problemas más graves. Realizar exámenes sistemáticos para detectar afectación neuropática y vascular de extremidades inferiores, además de la inspección cuidadosa de los pies, pueden reducir sustancialmente la morbilidad asociada en los pacientes con esta enfermedad (10,16).

El diagnóstico de enfermedad arterial periférica en el paciente diabético se establece con la medición del índice tobillo-brazo (ABI), el cual es una comparación de la presión arterial sistólica tibial posterior o pedia dorsal más elevada en cada pierna, dividida entre la presión arterial sistólica más alta del brazo derecho o izquierdo. Un  $ABI \leq 0.90$  es sensible y específico para la estenosis arterial y es diagnóstica. Se deberá realizar el ABI cuando el paciente refiere claudicación o dolor (17).

Se puede cuantificar y analizar la distribución de la emisión térmica de la superficie corporal por medio de la termografía, es un estudio de detección sin riesgos. Este tipo de análisis se ha utilizado para evaluar ojo seco, extremidades inferiores y superiores, dermatología, enfermedad de Raynaud, úlceras por pie diabético, estrés y aterosclerosis (18).

En el estudio de la distribución de temperatura en la piel humana, los hallazgos en un sujeto sano indican una simetría de distribución de la misma; por lo anterior

esta tecnología ha sido utilizada como una herramienta diagnóstica clínica, pues una correlación de asimetría registrada arriba de cierto nivel representa un alto indicador de anormalidad; ya sea neoplasia, inflamación o alteración neurovascular. También se ha utilizado para la valoración de efectividad de ciertos tratamientos y para el estudio de funciones fisiológicas en sujetos sanos (19,20,21).

## **ANTECEDENTES**

Goller y col en 1971 utilizó por primera vez la temperatura de la piel como marcador de inflamación y lesión en el pie insensible; posteriormente Sandrow y colaboradores en 1972 también lo hicieron. Goller informó una relación entre un aumento en la temperatura y la presión localizadas, mientras que Sandrow utilizó la termometría como una herramienta para diagnosticar fracturas neuropáticas. Muchos estudios posteriores mostraron una relación positiva entre los procesos inflamatorios, la descomposición de los tejidos y un aumento de la temperatura local de la piel (22,23).

Nishide y colaboradores, demostraron en 2009 que la termografía puede ser utilizada para detectar inflamación en las callosidades de los pacientes con neuropatía diabética, demostrando que se puede evidenciar lesión inflamatoria sin manifestaciones clínicas tales como edema y rubor (24).

Ya Bagavathiappan y col en 2010 encontraron que los pacientes con neuropatía diabética tenían mayor temperatura en los pies en comparación de pacientes también diabéticos sin neuropatía (25).

En 2015 Harding y colaboradores, revelaron otra aplicación de las imágenes infrarrojas para predecir el desarrollo de osteomielitis en pacientes con pie diabético y también la monitorización de la respuesta al tratamiento antibiótico. (26).

Por otro lado Gatt y colaboradores también en 2015 encontraron que los patrones de temperatura son simétricos en ambos pies en adultos sanos. La implicación de lo anterior, es que la asimetría de los patrones de temperatura entre los pies puede indicar la presencia de patología (27). Se ha encontrado que los puntos con incremento de temperatura (“hotspots”), son indicadores de inflamación aún cuando no existen lesiones visibles en la piel de un pie de paciente diabético, lo anterior fue evaluado por Macdonald y colaboradores en 2017 (28).

Chatchawan y Colaboradores en 2018 indicaron que la temperatura de la piel del pie, la cual se midió con termografía infrarroja, correlacionaba positivamente con el flujo sanguíneo determinado por el índice tobillo-brazo en pacientes diabéticos (29).

No obstante Arjalleena et al en el 2019 informaron que la termografía infrarroja revela la diferencia en temperatura local, coloración moteada y temperaturas medias más elevadas en pacientes del alto riesgo para pie diabético con neuropatía y neuroisquemia; también revelaron alteraciones angiosomales en los pies, principalmente angiopatía distal y enfermedad arterial periférica. Por lo anterior declara que la termografía infrarroja puede ser útil como un método adicional en la búsqueda de pie diabético en estadio temprano. (30)

De modo que en el estudio realizado por Petrova y colaboradores en octubre 2019, se confirma que la recurrencia de úlceras en pie diabético no se limita a la región plantar ya que el 50% de estas lesiones no se encontraban en dicha área. Mencionan además que combinando la termografía clínica de todos los sitios de los pies con seguimiento podiátrico y cuidados de los pies, se puede mejorar la efectividad al predecir el desarrollo de úlceras en los pies de diabéticos. (31).

También se han utilizado imágenes termográficas en lengua para evaluar si este estudio pudiera ser una herramienta pronóstica para tamizaje en pacientes diabéticos: Thirunavukkarasu y Col en 2020, comentan que la temperatura de la superficie de la lengua correlacionó significativamente con los parámetros bioquímicos estándar (HgA1) en pacientes diabéticos tipo 2 (18).

Finalmente Stegge et al desean que su estudio en Holanda tenga impacto para diseñar sistemas de automonitorización de temperatura en los pies en pacientes diabéticos; esto como método para prevenir complicaciones en pacientes de alto riesgo, ya que proporcionan evidencia nivel 1 de la efectividad, costo-efectividad y costo-utilidad de esa actividad (32)

## MARCO TEÓRICO

La Diabetes mellitus es un grupo de enfermedades metabólicas caracterizadas por hiperglucemia crónica resultando con defectos en la secreción de insulina, acción de insulina o ambos, cuyo descontrol glucémico, como es bien conocido afecta a diferentes órganos incluyendo alteraciones vasculares y neurológicas de miembros inferiores. (5).

Termografía: es un método de medición pasivo, sin contacto, en el que la distribución de la temperatura en las superficies se mide con el uso de una cámara termográfica; ésta mide la radiación infrarroja de onda larga en el campo de visión y utiliza los resultados para calcular la temperatura del objeto medido. Estos resultados se plasman en una imagen virtual coloreada (imagen térmica). Así se hace visible la distribución de la temperatura en la superficie del objeto. Cada píxel de una imagen térmica representa un punto de temperatura en la superficie del objeto medido (33,34). Es una técnica segura, no invasiva y bajo costo (35).

La técnica termográfica puede detectar variaciones pequeñas de temperatura en situaciones inflamatorias asociadas a anormalidades patológicas y puede actuar como un complemento a los estudios de imagen anatómicos, agregando información fisiológica. Ha aumentado su uso en la última década en estudios relacionados con heridas crónicas, heridas traumáticas, quemaduras y fracturas. Los instrumentos actuales pueden valorar variaciones de temperatura de cerca de 0.025 °C (36-38). En el cuerpo humano la transferencia de calor se realiza mediante la circulación sanguínea siendo el contraste de temperatura en las

regiones afectadas de aproximadamente de 0.7 a 1°C (35).

Una persona sana tiene una temperatura central casi constante (dentro de 0.6°C), pero la temperatura del pie puede modificarse dependiendo de la necesidad y alcance de la termorregulación. Los mecanismos de vasodilatación y vasoconstricción sanguíneos pueden regular la temperatura porque la piel actúa irradiando calor y también como aislante, dependiendo de la cantidad de sangre fluyendo a través de ella. Los factores más comunes que se conocen afectan la temperatura dérmica y señalan alteraciones son la inflamación en los tejidos subyacentes /subcutáneos y los cambios en el flujo sanguíneo (30).

Las úlceras en pacientes diabéticos, quemaduras y úlceras vasculares pueden ser monitorizadas por medio de termografía. Las áreas de aplicación de esta tecnología han sido en la neurología, desórdenes vasculares, enfermedades reumáticas, oncología, desórdenes dermatológicos, oftalmología y cirugía (3).

Neuropatía diabética: la neuropatía periférica es la complicación más frecuente de la diabetes, caracterizada por la presencia de disfunción de nerviosa periférica y/o nerviosa autónoma diagnosticada después de excluir otras causas. La queja de la mayoría de los pacientes es el dolor pero muchos de ellos están completamente asintomáticos (40).

Pie diabético: es la infección, ulceración y/o destrucción de los tejidos profundos relacionados con alteraciones neurológicas y distintos grados de enfermedad vascular periférica en las extremidades inferiores en un paciente diabético (41).

Hemoglobina glucosilada (Hb A1c): definición de la International Federation of Clinical Chemistry, quien define como grupo de sustancias que se producen por reacciones bioquímicas entre la hemoglobina A (HbA) y carbohidratos que se encuentran en la circulación sanguínea; la HbA los agrega a su estructura molecular proporcionalmente a la concentración de glucosa en sangre y durante la vida del eritrocito (42).

La HgA1c nos muestra como se ha encontrado la glucemia promedio por aproximadamente 3 meses, siendo entonces la principal herramienta para verificar el control glucémico, además tiene valor predictivo importante de las complicaciones de la diabetes. El objetivo de control en adultos diabéticos es de una HgA1c de <7% (43).

En el estudio de control de Diabetes y complicaciones (DCCT) , se demostró en forma definitiva que tener control glucémico se presenta una disminución del 50 al 70% de tasa de desarrollo y progresión de retinopatía, neuropatía y nefropatía diabética (complicaciones microvasculares) (44).

Muerte prematura: pérdida económica derivada de la muerte prematura del trabajador cuya causa principal sea la Diabetes Mellitus y/o alguna de las complicaciones (45).

Ausentismo laboral: pérdida económica resultado de los días que no asiste un trabajador a causa de la Diabetes Mellitus y/o alguna de sus complicaciones (45).

Incapacidad laboral: pérdida de facultades o aptitudes que imposibilita temporalmente a una persona para desempeñar su trabajo a causa de la Diabetes Mellitus y/o alguna de sus complicaciones (45).

Invalidez: pérdida económica resultado de la salida del mercado laboral a causa de la Diabetes Mellitus y/o sus complicaciones (45).

Presentismo: pérdida económica resultado de la pérdida de productividad laboral por la asistencia al trabajo de un trabajador enfermo de Diabetes Mellitus y/o alguna de sus complicaciones (45).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En 2013, la Diabetes fue la segunda causa de muerte en el país, con más de 89 mil defunciones y se encuentra entre las cinco principales causas de años vida vividos con discapacidad (46). La neuropatía diabética es la complicación microvascular más frecuente de la Diabetes y en más del 50% de los casos es asintomática; convierte al paciente de forma insidiosa en portador de complicaciones como úlceras, amputación, o incluso la muerte por problemas cardiovasculares. Esta complicación aumenta su incidencia con la duración de la diabetes, severidad de la hiperglucemia, la presión arterial elevada, una talla alta y la presencia de dislipidemia (47).

La prevalencia de neuropatía diabética se ha estudiado en diversos países: en Suiza se encontró que ésta se encontraba entre 15 y 28% (48); en Brasil la refirió de 22% (49), Italia 23.3% (50), Sri Lanka 24% (51), India 34.9% (52), Tanzania 49%(53), y en nuestro país México del 69% (54).

La neuropatía periférica es una complicación frecuente y se considera el principal factor de riesgo para la úlcera, que a su vez es considerada la antesala de la amputación; esto porque hasta 75% de amputaciones de miembros inferiores son precedidas por úlceras (55). Se considera que el 15% de los pacientes con diabetes mellitus desarrollará úlceras en el pie, 50% de ellos desarrollará pie diabético, de los cuales entre el 15 y 20% requerirán amputación de la extremidad inferior (56).

El riesgo de que un paciente diabético presente una úlcera en el pie puede ser hasta de 34% (57). El manejo de úlceras infectadas o isquémicas en el paciente diabético representan el 25% de todas las estancias hospitalarias de dichos pacientes (58-60).

Se mencionan varios factores de riesgo como predictores de úlceras y amputaciones. Reconocer y manejar dichos factores es importante para reducir la morbilidad de la ulceración del pie. Estos factores son: ulceración previa del pie, neuropatía (por pérdida de la sensación protectora), deformidad del pie y enfermedad vascular. Esto lo avaló el resultado de un estudio comunitario de

1300 pacientes con diabetes tipo 2. La incidencia de amputación de extremidades inferiores fue de 3,8 por 1000 paciente/año. Los predictores de amputación fueron ulceración del pie, índice tobillo-brazo < 0.9, hemoglobina glucosilada elevada y neuropatía (57,61-64).

Con base a lo anteriormente expuesto, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe una asociación entre el patrón termográfico de la región plantar de ambos miembros pélvicos y la Hemoglobina glucosilada HgA1c en pacientes con Diabetes Mellitus?

De forma que se pudiera utilizar este estudio como método de screening rutinario en diabéticos para detectar datos iniciales de daño microvascular y evitar todas las complicaciones derivadas de su atención (en salud, económicas, familiares, etc).

## **JUSTIFICACION**

En México, la atención a la salud se distribuye así: población que se atiende en instituciones para la seguridad social 48%, población que se atiende en instituciones para no asegurados 42% y quien se atiende en medio privado 10%. De lo anterior se sabe entonces que de 100 pesos que se gastan en diabetes en nuestro país: 52 se gastan en el 10% de la población, 33 en los pacientes asegurados y 15 pesos en los no asegurados (65).

También en nuestro México en el año 2013, los costos directos al tratar la Diabetes Mellitus fueron de 179,495.3 millones de pesos; al tratar las complicaciones de la enfermedad 156,602.4 millones de pesos, de los cuales 2,946.1 millones de pesos fueron atribuibles al costo de atención de neuropatía. La atención de las complicaciones refiere al 87.2% del costo total generado por la Diabetes. Del costo directo comentado el 38% de este gasto compete al IMSS, el 25% al sector privado, 23% a la SSA, 7% ISSSTE y 7% a Pemex, Marina, Sedena y otros (66).

Los costos indirectos de la Diabetes mellitus y sus complicaciones se observan en la muerte prematura, ausentismo laboral, incapacidad laboral, invalidez y presentismo (45). En el 2013 la diabetes fue la segunda causa de muerte en el país, con poco más de 89 mil defunciones y se encuentra entre las cinco principales causas de años de vida vividos con discapacidad (46).

Los estados del país con las prevalencias más altas en diabetes fueron Distrito Federal (ahora Ciudad de México, Nuevo León, Veracruz, Tamaulipas, Durango y San Luis Potosí (46).

Por otro lado en nuestro país, se reporta que el 9.4% de los adultos han sido diagnosticados como diabéticos y de ellos sólo el 87.8% indicaron encontrarse bajo tratamiento médico. Estos pacientes también comentaron sus complicaciones de la enfermedad: 54.5% agudeza visual disminuida, 11.2% retinopatía, 9.95% amaurosis, 9.1% úlceras, 5.5% amputaciones y el 41.2% reportó síntomas asociados con neuropatía diabética (ardor, dolor o pérdida de sensibilidad en región plantar de pies). Al final también reportaron que el 16% de ellos estuvieron hospitalizados por más de 24 hrs y el 14.8% acudieron al servicio de urgencias en el último año (67).

Si se considera a la Hemoglobina glucosilada como parámetro de control para la diabetes (< 7.0), se pudiera asociar la medición de Hgb A1c con cambios termográficos en miembros inferiores aún sin aparente sintomatología (úlceras o cambios en la piel) y esto dar pauta a detección temprana de un factor de riesgo, para un mejor control de avance de la enfermedad y sobre todo de las complicaciones.

## **OBJETIVOS**

Objetivo General:

- Determinar la asociación del patrón termográfico de ambos miembros pélvicos y la hemoglobina glucosilada HgA1c en pacientes con diabetes mellitus.

Objetivos específicos:

- Comparar valores máximos de temperatura de regiones de interés obtenidos en la región plantar bilateral entre grupo control y grupo de pacientes diabéticos.
- Comparar valores máximos de temperatura de regiones de interés obtenidos en la región plantar bilateral entre población (diabéticos + control) con IMC mayor o menor de 25.
- Comparar valores máximos de temperatura de las regiones de interés obtenidos en la región plantar bilateral entre sujetos con HgA1c de 6.5 % o más con sujetos con HgA1c de menos de 6.5%.

## **HIPÓTESIS**

Hipótesis Alterna:

- Existe una asociación entre el patrón termográfico de la región plantar de ambos miembros pélvicos y la Hemoglobina glucosilada HgA1c en pacientes con diabetes mellitus.

Hipótesis Nula:

- No existe una asociación entre el patrón termográfico de ambos miembros pélvicos y la Hemoglobina glucosilada HgA1c en pacientes con diabetes mellitus.

## **METODOLOGÍA**

Tipo de estudio y diseño de estudio: observacional, analítico, transversal, de casos y controles.

Universo de estudio: Clínica de Medicina Familiar 1 del Hospital General de Zona No. 1 del IMSS en San Luis Potosí, México.

Unidad de investigación: pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2

Límite de tiempo: se realiza la investigación de la muestra en el periodo de marzo 2021 a julio 2021.

## **TAMAÑO DE MUESTRA**

Por desconocer el tamaño del efecto de estudios previos, y la validación del estudio diagnóstico, se plantea realizar una prueba piloto, calculando la muestra según los principios de Browne, donde se incluirán como mínimo 20 pacientes diabéticos y 20 personas para el grupo control. Al final se reclutaron 51 voluntarios, de los cuales a cada uno se tomaran 18 puntos de temperatura, a cada uno por lo que en realidad se colectaron en total 918 muestras (432 de pacientes diabéticos y el resto de no diabéticos)(68).

## **TIPO DE MUESTREO**

Consecutivo, no probabilístico hasta alcanzar en tamaño de muestra.

## CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión:

Pacientes

- Derechohabientes adscritos y vigentes a la UMF1 del Hospital General Zona No. 1 en San Luis Potosí, México.
- Con diagnóstico de Diabetes Mellitus tipo 1 y 2.
- Mayores de 18 años.
- De ambos sexos (femeninos y masculinos).
- Que cuenten con resultado de Hgb A1c de los últimos 6 meses.
- Que acepten ingresar al estudio y firmen consentimiento informado.

Criterios de no inclusión:

Pacientes:

- Con otras comorbilidades como enfermedades de la colágena.
- Con fiebre al momento del estudio.
- Con úlceras o lesiones dérmicas en pies al momento del estudio.
- Con amputaciones previas de ortijos.

Criterios de eliminación:

Pacientes:

- Con mediciones erróneas por falta de calibración de la cámara termográfica que no se pueda realizar el análisis.
- Que no acudan a realización de estudio termográfico en cita programada
- Que a mitad del estudio decidieran finalmente no participar en la investigación.

## DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CATEGORIZACIÓN	ESCALA	FUENTE
HEMOGLOBINA A1c	Continua	Grupo de sustancias que se forman a partir de reacciones bioquímicas entre la HbA y azúcares presentes en la circulación sanguínea, donde HbA los incorpora a su estructura molecular proporcionalmente con la concentración de estos azúcares en el torrente sanguíneo y durante el lapso de vida de la célula eritrocitaria (42)	Realizada en laboratorio IMSS o particular	< o = 7.0 Control glicémico > o =7.1 Descontrol glicémico (69)	Nominal	Resultado de laboratorio realizado
SEXO	Dicotómica	Características fenotípicas que nos definen como mujeres u hombres (70).	Hombre y Mujer	Masculino / Femenino	Nominal	Hoja de recolección de datos
EDAD	Continua	Tiempo transcurrido desde el nacimiento (70).	Edad cumplida al momento del estudio.	18 ... años	Ordinal	Hoja de recolección de datos
PESO CORPORAL	Continua	Referencia del desarrollo y estado de salud del organismo humano (70).	Registrado al pesarse en báscula.	60.. kg	Razón	Hoja de recolección de datos
TALLA	Continua	Estatura o altura de las personas (70).	Registrada al medir con estadímetro	1.6...m	Razón	Hoja de recolección de datos
ÍNDICE DE MASA CORPORAL	Continua	Medida que relaciona el peso del cuerpo con la altura	$\frac{\text{Peso}}{\text{Talla}^2}$	19-24.9 peso ideal 25-29.9 sobrepeso 30-34.9 obesidad gl 35-39.9 obesidad gll >40 obesidad glll	Ordinal	Hoja de recolección de datos
AÑOS DE DIAGNÓSTICO	Continua	Tiempo transcurrido desde el diagnóstico de Diabetes Mellitus a la fecha	Tiempo transcurrido desde el diagnóstico de Diabetes Mellitus a la fecha en años	1,2,3 ... años de diagnóstico	Ordinal	Hoja de recolección de datos
TRATAMIENTO CON HIPOGLICEMIANTE ORAL	Catórica	Medicamentos incluidos en tratamiento	Biguanidas, Sulfonilureas, Tiazolidineonas, Inhibidores alfa-glucosidasa, Inhibidores DPP4, Inhibidores SGLT2	Metformina, Glibenclamida, Pioglitazona, Acarbosa, Gliptinas, Glifozinas	Nominal	Hoja de recolección de datos
TRATAMIENTO CON INSULINA	Catórica	Medicamentos incluidos en tratamiento	Insulina y análogos de insulina	Insulina glargina, NPH, Mix 25, rápida, ultrarápida	Nominal	Hoja de recolección de datos
Delta de la temperatura	Continua	Diferencia en grados centígrados obtenida de la resta de la temperatura media del área de la del miembro pélvico con respecto al contralateral	Temp MPD – Temp MPI	0.1...0.5..1.:.°C	Nominal	Termografía

## INSTRUMENTOS

- Cuestionario con datos generales del paciente incluyendo: nombre, edad, número de afiliación, años de diagnóstico de diabetes, tratamiento, si se es portador de otra enfermedad, peso, talla. IMC, resultado de Hemoglobina glucosilada.
- Cámara de termografía
- Paquete de análisis estadístico

## RECURSOS Y FINANCIAMIENTO

### RECURSOS HUMANOS:

- 1 Investigador: Becario de Medicina familiar quien se encargará de recolectar información, realizar revisión física de los pacientes y participará en la interpretación de la misma.
- 1 Asesor clínico
- 1 Asesor metodológico
- 1 Asesor estadístico

### RECURSOS ECONÓMICOS

Propios del investigador.

### RECURSOS MATERIALES

Equipo y consumible	Cantidad	Costo (pesos)
Computadora portátil	1	\$10,500.00
Impresora	1	\$2000.00
Hojas blancas bond carta	500	\$100.00
Bolígrafos	20	\$100.00
Tablas para apoyo	3	\$200.00
Conexión Internet	Horas	\$800.00

Cartucho tinta negra y color para impresora	2	\$600.00
Cámara termográfica	1	Propiedad del Gabinete de Termográfica Potosina
		TOTAL \$ 14,300.00

## PROCEDIMIENTO

1. Se elabora el protocolo.
2. Deberá ser aprobado por H. Comité de Ética e Investigación.
3. Ya aprobado se acudirá a la UMF1 del Hospital General de Zona 1 de San Luis Potosí, tanto en turno matutino como en vespertino.
4. Se les explicará a los pacientes el motivo de la realización del estudio y se les solicitará su participación. A quienes acepten, se pedirá autorización por escrito al firmar consentimiento informado correspondiente.
5. Se llenará la hoja de recolección de datos.
6. Se realizará un termograma, por parte de un experto (Ing. Castillo) a un metro de distancia con tres minutos de calibración previa por cada toma, usando una cámara infrarroja FLIR ONE (FLIR Systems, Wilsonville, Ore) que tiene un plano focal de microbolómetros no enfriados de 320 x 240 con un rango de espectro de 7.5 to 13  $\mu\text{m}$  y una sensibilidad térmica de 50 mK a 30°C.
7. Lo anterior se realizará en el consultorio del Dr. Jimenez o en Aula de enseñanza UMF 47, donde se cuenta con sistema de aire acondicionado,

en fecha programada para tal fin. Lo anterior para que la temperatura del consultorio se mantenga constante durante la realización del estudio. (21°C).

8. Se le solicitará al paciente retire zapatos y calcetines, se coloque en posición de decúbito supino por 10 minutos, para que se equilibre la temperatura de ambos pies con la ambiental.
9. Con los pies lo más juntos posible sin tocarse, se coloca además sábana a nivel de los tobillos a forma de “mampara” para aislar la temperatura del resto del cuerpo durante la toma del estudio. En este momento se realizará termografía, donde en una sola toma, se observen la región plantar de ambos pies.
10. Las imágenes serán analizadas por parte del Gabinete de termografía Potosina y CIACYT (Coordinación para la innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología). El análisis será realizado usando el software “FLIR Quick-Report version 1.2 (FLIR Systems)”, que incluye herramienta para obtener temperatura promedio, máxima y mínima del área seleccionada por usuario; tanto zona afectada y no afectada.
11. La información del expediente será recabada y registrada; se recopilará la información en una base de datos, describiendo las características de las extremidades y el análisis térmico de la misma.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizará un análisis descriptivo, medidas de tendencia central y análisis demográfico de las variables. Utilizando la prueba estadística de T-student para datos paramétricos y la no paramétrica de Wilcoxon para aquellos no paramétricos.

## CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para realizar el presente estudio se tomaron en cuenta las disposiciones generales del reglamento de la Ley General de Salud (1984) en materia de investigación para la salud y con declaración de Helsinki de 1975.

Las consideraciones éticas se encuentran establecidas en los lineamientos y principios generales que el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la Salud se refiere, por lo que se está dando cumplimiento al Artículo 100 (fracciones I, II, III, IV, V, VII,) del Título Quinto correspondiente a las bases para la investigación en seres humanos. De acuerdo a este Título, el presente trabajo de investigación se considera de Riesgo mínimo.

Se mantendrá resguardo y discreción en el manejo de la información.

El presente protocolo será presentado al Comité Local de Investigación y Ética de Instituto Mexicano del Seguro Social.

Además se cumple con los siete requisitos para que un ensayo de investigación sea ético:

- Valor social y científico, al evaluar factores de riesgo para complicaciones en pacientes ya con diagnóstico de Diabetes Mellitus.
- Validez científica al utilizar principios y métodos científicos aceptados, que incluyen las técnicas estadísticas, para producir datos confiables y válidos.
- Selección equitativa de los sujetos, cumpliendo con el principio de Justicia Distributiva.
- Razón riesgo/beneficio favorable, ya que los pacientes no serán expuestos a ningún riesgo ya que solo se realizarán revisión clínica y toma de termografía.
- Evaluación independiente, por individuos ajenos a la investigación, para minimizar potenciales conflictos de interés, para lo cual será presentado al Comité Local de Investigación y Ética antes mencionado.
- Consentimiento informado a los sujetos de investigación.
- Cumpliendo con el principio de Respeto a la autonomía de sujetos.

Habrà respeto por los sujetos que participen permitiéndoles no participar en la investigación si así es su voluntad; habrá protección a la información y

anonimato tanto de los datos obtenidos como de los pacientes sujetos de la investigación.

Se respetará y cumplirá con los principios básicos de la declaración de Helsinki y Reporte de Belmont autonomía, beneficencia, no-maleficencia y justicia, además de asegurar la confidencialidad de los resultados.

## RESULTADOS

En el grupo de pacientes diabéticos, se reunieron 24 personas, 14 mujeres y 10 hombres. En tanto que el grupo control lo formaron 27 voluntarios, 15 mujeres y 12 hombres. La edad promedio de los pacientes diabéticos fue de 58 años en tanto que el del grupo control fue de 44 años, con desviaciones estándar de 9.34 y 6.6 años respectivamente. El Índice de Masa Corporal (IMC) promedio fue de 31.03 en el grupo de diabéticos y de 28.09 en el control, rango de obesidad y sobrepeso.

La Hemoglobina glucosilada (HbA1c) promedio en los pacientes diabéticos fue de 8.07, en tanto que en los no diabéticos fue de 5.73, con desviaciones estándar de 1.67 y 0.36 respectivamente.

### GRUPO PACIENTES DIABÉTICOS

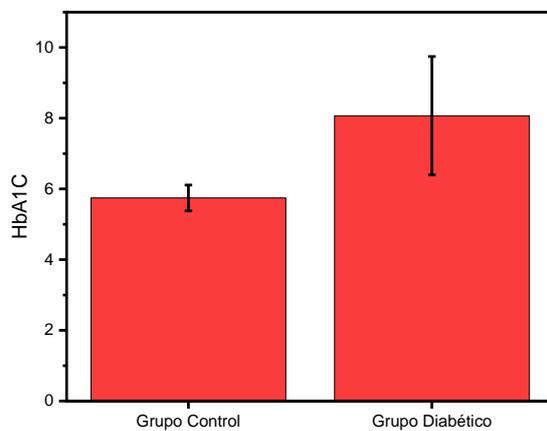
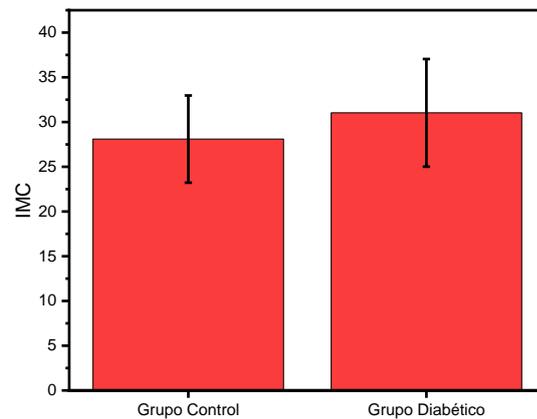
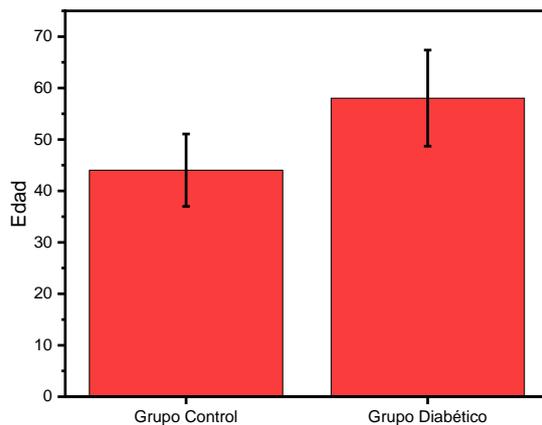
	Media	DS	Min	Max
Edad	58	9.34	44	79
Peso	78.5	16.11	50.8	112
Talla	1.59	0.07	1.43	1.72
IMC	31.03	6.01	21.4	43.2
HbA1C	8.07	1.67	5.5	11.6

## GRUPO CONTROL

	Media	DS	Min	Max
Edad	44	6.6	33	63
Peso	79	18.2	52	126
Talla	1.67	0.10	1.44	1.96
IMC	28.09	4.87	19.7	44.1
HbA1C	5.73	0.36	4.9	6.1

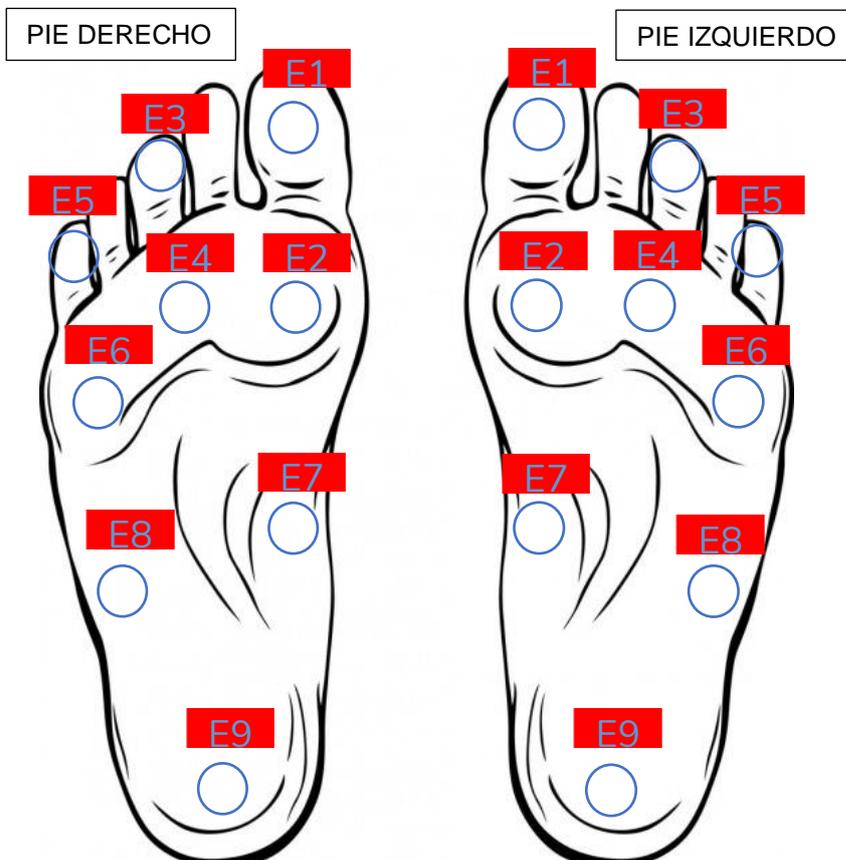
## POBLACIÓN

Relación de Edad, IMC y HbA1C entre los grupos de Control (GC) y Grupo Diabético (GD)

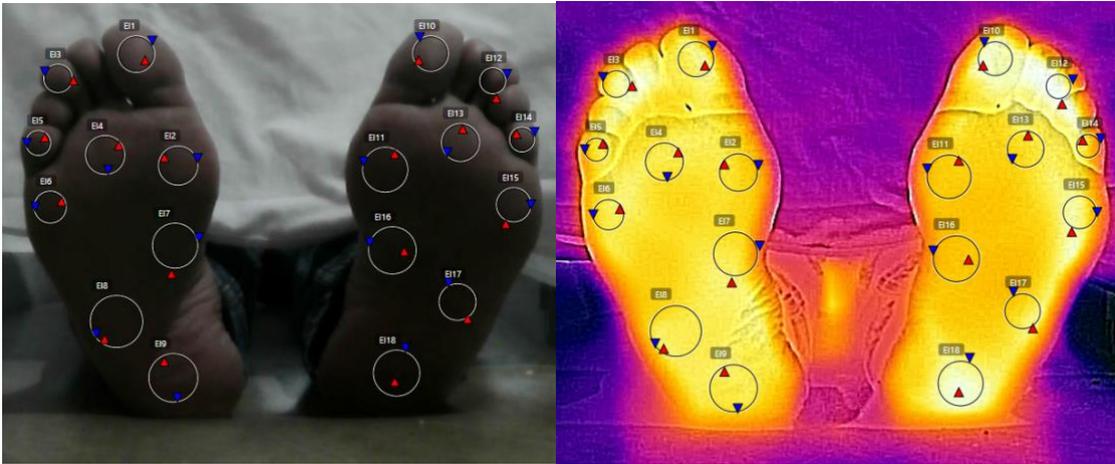


Se realizaron en ambos grupos termografías de región plantar bilateral, revisando 9 regiones de interés en cada pie: se registraron 3 puntos de los ortejos 1, 3 y 5; el resto son puntos distribuidos en la región plantar a nivel de arco medio y en región talar.

E1	Centro región plantar de 1er ortejo
E2	Región plantar a nivel 1er articulación metatarsofalángica
E3	Centro región plantar de 3er ortejo
E4	Región plantar a nivel 3er articulación metatarsofalángica
E5	Centro región plantar de 5º ortejo
E6	Región plantar a nivel 5ª articulación metatarsofalángica
E7	Región plantar a nivel arco medio zona interna (medial)
E8	Región plantar a nivel arco medio zona externa
E9	Región talar



Se obtendrá algo similar a lo siguiente de cada participante:



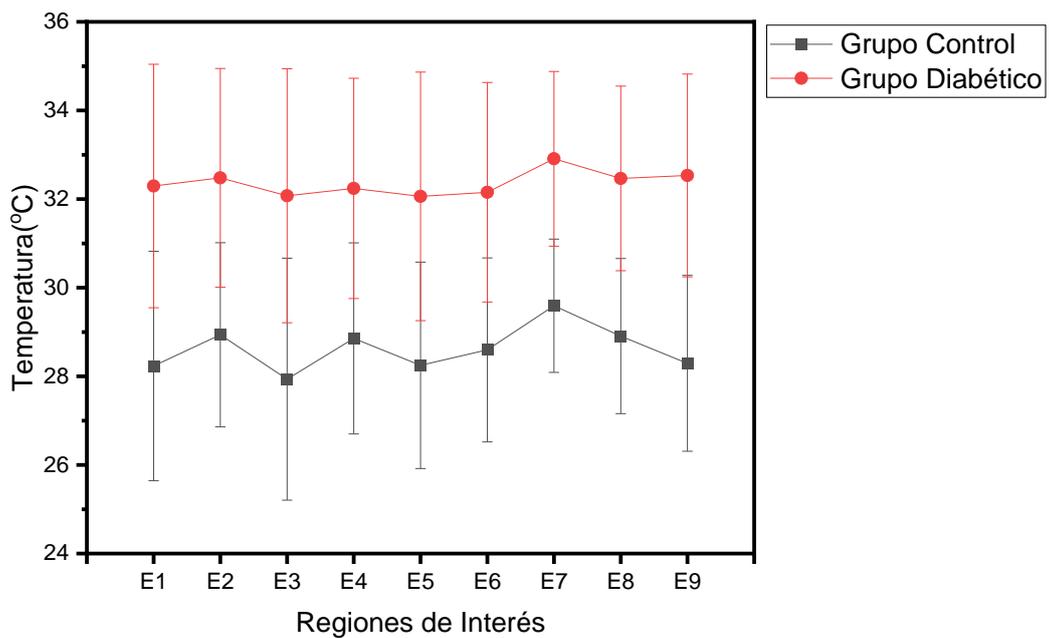
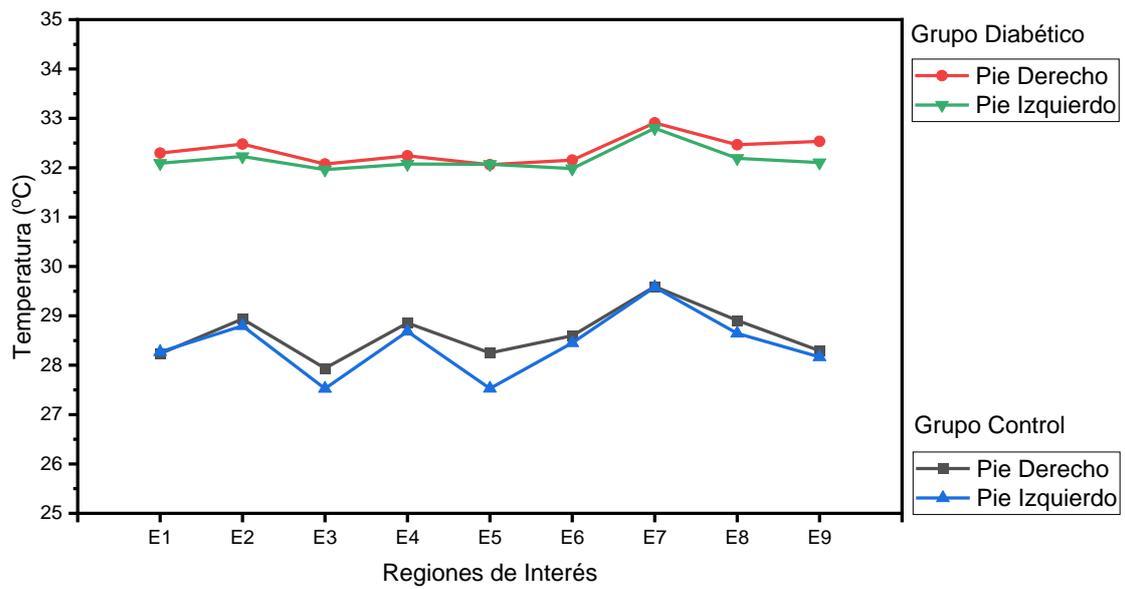
Se determinarán entonces las temperaturas en los puntos señalados para ambos pies, en los integrantes de ambos grupos.

Entonces se realizó comparación entre las temperaturas obtenidas en los puntos de interés de pie contra las del pie izquierdo en pacientes diabéticos; igualmente se compararon las temperaturas de los puntos de interés entre ambos pies de participantes de grupo control.

Se obtuvo lo siguiente:

	°T		°T	
	GrupoControl	DS	GrupoDiabetico	DS
E1	28.2	2.5	32.2	2.7
E2	28.9	2.0	32.4	2.4
E3	27.9	2.7	32.0	2.8
E4	28.8	2.1	32.2	2.4
E5	28.2	2.3	32.0	2.8
E6	28.5	2.0	32.1	2.4
E7	29.5	1.5	32.9	1.9
E8	28.9	1.7	32.4	2.0
E9	28.2	1.9	32.5	2.2

## RELACIÓN DE VALORES MEDIOS POR GRUPO DIABÉTICO Y DE CONTROL

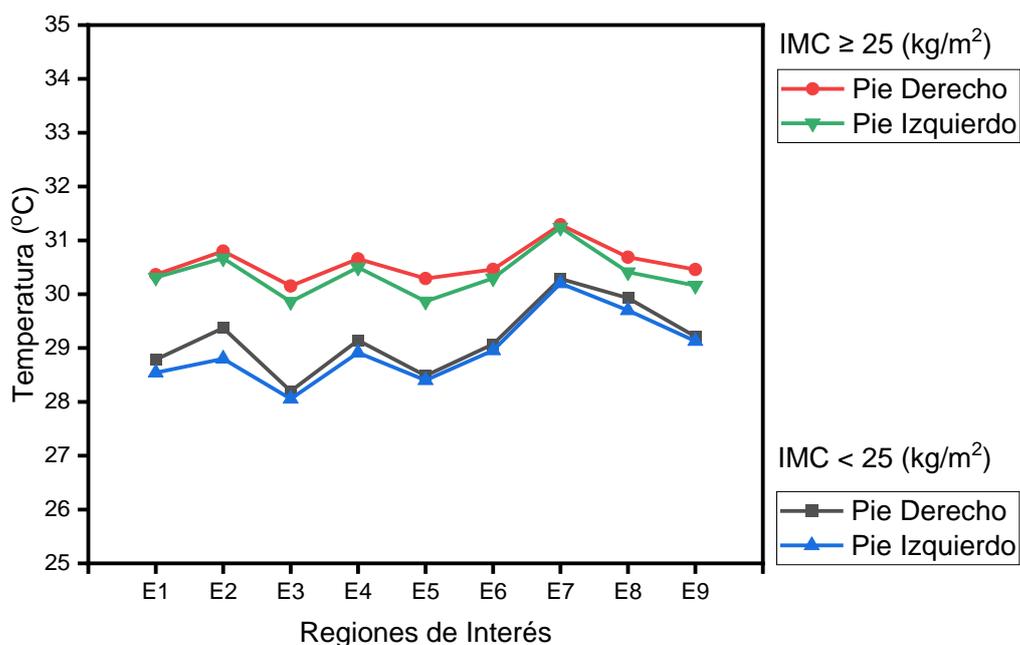


Los puntos de interés E1, E2, E3 (correspondientes al 1er, 3er y 5º orfejos) tienen un margen mayor de diferencia de temperatura que el resto.

Por otro lado, también se comparó la temperatura de los puntos de interés de región plantar bilateral con el índice de masa corporal. Aquí encontramos, que sin importar si se es diabético o no, a mayor IMC mayor temperatura.

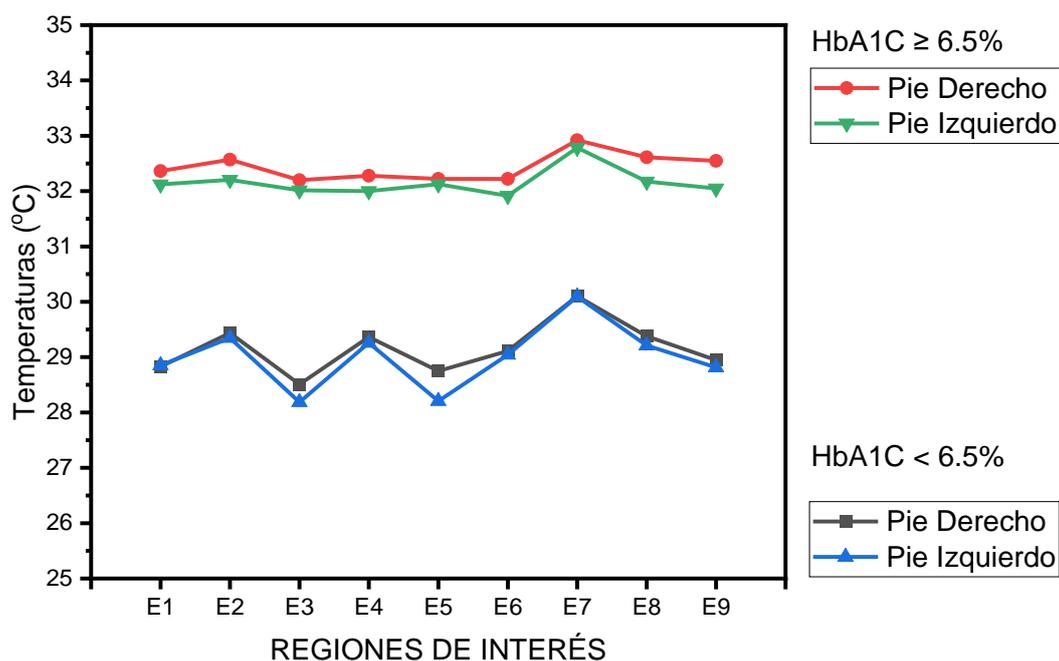
	DIABETICOS IMC<25	DS	CONTROL IMC<25	DS	DIABETICOS IMC>25	DS	CONTROL IMC >25	DS
E1	31.2	4.0	26.9	3.9	32.4	2.6	28.4	2.3
E2	31.7	3.2	27.6	3.2	32.5	2.4	29.1	1.8
E3	31	4.1	26.1	3.7	32.2	2.7	28.2	2.4
E4	31.5	3.5	27.3	3.6	32.3	2.4	29.1	1.7
E5	31.3	3.6	26.3	3.4	32.1	2.7	28.5	2.0
E6	31.6	3.4	27.1	3.3	32.2	2.4	28.8	1.7
E7	32.5	2.0	28.5	2.6	32.9	2.0	29.7	1.2
E8	32.5	2.7	28	2.8	32.4	2.0	29.0	1.5
E9	31.8	2.8	27.2	3.0	32.6	2.2	28.4	1.7

### RELACIÓN DE VALORES MEDIOS POR GRUPO DE IMC



Finalmente, se buscó relación entre niveles de HbA1 con las temperaturas en los diferentes puntos, no importando si el nivel de hemoglobina glucosilada resultara en un paciente no diabético o al tratarse de un diabético controlado. El nivel que se utilizó de cohorte fue de 6.5%, el cual determina diagnóstico de diabetes mellitus.

## RELACION DE VALORES MEDIOS DE HbA1c



## DISCUSIÓN

Hemos encontrado que las temperaturas en región plantar son mayores en aquellos pacientes diabéticos que en los voluntarios no enfermos; también son más elevadas en aquellos con IMC >25. Ya Goller y col además de Nishide y col (22-24) habían utilizado la termografía en procesos inflamatorios en diabéticos, podemos notar entonces la asociación de la inflamación crónica presente en la obesidad y el incremento térmico. Además, Bagavathiappan y col (25) también reportaron que los pacientes con neuropatía diabética tenían mayor temperatura en los pies en comparación de pacientes también diabéticos sin neuropatía; en el presente estudio no se valoró la presencia de neuropatía. Actualmente Stegge et al (32) se encuentra realizando estudio en Holanda insistiendo en la automonitorización de temperatura de los pies en pacientes diabéticos como actividad preventiva.

## CONCLUSIONES

La Diabetes Mellitus es una patología que puede ocasionar complicaciones que tienen repercusiones importantes a nivel económico, familiar y social. El control metabólico estricto será siempre el método ideal de prevención de complicaciones, pero al no lograrse, se pudieran detectar alteraciones microangiopáticas en estadios tempranos y tratarse antes de presentar repercusiones catastróficas como amputaciones. Los factores predisponentes para aparición de úlceras en pacientes diabéticos son: presentar ulceración previa del pie, neuropatía, descontrol metabólico, deformidad del pie y enfermedad vascular; podríamos añadir el incremento de temperatura local detectada por termografía.

En resumen, en este estudio obtuvimos las siguientes conclusiones:

- Aquellos pacientes diabéticos con HbA1c >6.5% tienen una temperatura absoluta mayor en los pies que en los que es menor.
- Los puntos de interés E1,E2,E3 (correspondientes al 1er, 3er y 5º orfejos) tienen un margen mayor de diferencia de temperatura que el resto.
- La distribución de la temperatura de aquellos pacientes diabéticos con HbA1 >6.5 es más homogénea con respecto a los que tienen HbA1c <6.5.

## SUGERENCIAS

Al encontrar un método no invasivo y accesible como la termografía para detectar alteraciones secundarias a complicaciones de la diabetes mellitus, previas a las manifestaciones visibles; se pudiera incluir este estudio como parte de la monitorización del paciente diabético en consultorio.

Se sugiere realizar más estudios como el presente a diversos niveles para confirmar lo anterior.

## **LIMITANTES**

La pandemia por el SARS Cov2 influyó en la respuesta de los participantes para acudir a realizar el estudio; los cuales cancelaban en diferentes momentos y terminó por alargar el tiempo de toma de muestras.

Por otro lado, también por la situación de pandemia, muchos pacientes enviaban a familiares por su tratamiento a su consultorio por lo que se atrasaba la detección de posibles voluntarios y el envío a toma de laboratorios (HbA1c).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Clinical presentation and diagnosis of diabetes mellitus in adults. David K McCulloch. Up to date. Oct 1, 2018
2. Martín MC, Albarran JM, Lumbreras ME. Revisión sobre el dolor neuropático en el síndrome de pie diabético. *An Med Interna*. España 2004, 21 (9): 450-5.
3. Foto JG, Brasseaux D, Birke JA: Essential features of a handheld infrared thermometer used to guide the treatment of neuropathic feet. *J Am Podiatr Med Assoc* 2007, 97(5):360–365
4. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2010; 33 Suppl 1:S62-S69
5. Kharroudi A, Darwish H. Diabetes mellitus: The epidemic of the century. *World J Diabetes* 2015 June 25; 6(6): 850-867
6. American Diabetes Association. Peripheral arterial disease in people with diabetes. *Diabetes Care* 2003; 26 (12):3333-3341
7. Marso SP, Hiatt WR. Peripheral arterial disease in patients with diabetes. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47:921-929.
8. Fatela L, Acedo G, Martínez S, Sanz A, Rodríguez S, Vidal F. Manejo del paciente con neuropatía diabética perivérica. *Rev clin Esp*. 2007; 204 Supl. 4:14-22.
9. Feldman E, Stevens M. Clinical Testing in Diabetic Peripheral Neuropathy. *Can. J. Neurol. Sci*. 1994;21: Suppl.4-S3-S7
10. Pop-Busui R, Boulton AJ, Feldman EL, et al. Diabetic Neuropathy: A Position Statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2017; 40:136-154

11. Feldman EL, Stevens MJ, Thomas PK, et al. A practical two-step quantitative clinical and electrophysiological assessment for the diagnosis and staging of diabetic neuropathy. *Diabetes Care* 1994; 17:1281.
12. Herman WH, Pop-Busui R, Braffett BH, et al. Use of the Michigan Neuropathy Screening Instrument as a measure of distal symmetrical peripheral neuropathy in Type 1 diabetes: results from the Diabetes Control and Complications Trial/Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications. *Diabet Med* 2012; 29:937-944
13. Singleton JR, Bixby B, Russell JW, et al. The Utah Early Neuropathy Scale: a sensitive clinical scale for early sensory predominant neuropathy. *J Peripher Nerv Syst* 2008; 13(3): 218-27
14. Young MJ, Boulton AJ, MacLeod AF, et al. A multicentre study of the prevalence of diabetic peripheral neuropathy in the United Kingdom hospital clinic population. *Diabetologia* 1993; 36(2) :150-4
15. Boulton AJ, Armstrong DG, Albert SF, et al. Comprehensive foot examination and risk assessment: a report of the task force of the foot care interest group of the American Diabetes Association, with endorsement by the American Association of Clinical Endocrinologists. *Diabetes Care* 2008; 31 (8):1679-1685
16. American Diabetes Association. Microvascular Complications and Foot Care: Standards of Medical Care in Diabetes-2018. *Diabetes Care* 2018; 41(1): S105-S118
17. Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, et al. Measurement and interpretation of the ankle-brachial index: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2012; 126:2890-2909
18. Thirunavukkarasu U, Umapathy S, Thanaraj P, Janardanan K. Human tongue Thermography could be a prognostic tool for prescreening the Type II Diabetes Mellitus. *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine* 2020. 1-16

19. Kolosovas – Machuca SE, González – Contreras JF. Uso de la termografía infrarroja en la determinación de la profundidad de heridas por quemadura en niños. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias aplicadas, U. A. S. L. P. 2009; 9 – 12.
20. Winsor T, Winsor D. The noninvasive laboratory—history and future of thermography. *Angiology*. 1985; 36(6): 341 - 353.
21. Ya'ish FM, Cooper JP, Craigen MA. Thermometric diagnosis of peripheral nerve injuries - Assessment of the diagnostic accuracy of a new practical technique. *J Bone Joint Surg Br*. 2007; 89 (7): 933-939.
22. Goller H, Lewis DW, McLaughlin RE: Thermographic studies of human skin subjected to localized pressure. *Am J Roentgenol* 1971, 113(4):749–754.
23. Sandrow RE, Torg JS, Lapayowker MS, Resnick EJ: The use of thermography in the early diagnosis of neuropathic arthropathy in the feet of diabetics. *Clin Orthop Relat Res* 1972, 88:31
24. Nishide K, Nagase T, Oba M, Oe M, Ohashi Y, Iizaka S et al. Ultrasonographic and thermographic screening for latent inflammation in diabetic foot callus. *Diabetes Res Clin Pract*. 2009; 85(3): 304-309
25. Subramniam B, Philip J, Jayakumar T, Raj B, Someshwar P et al. Correlation between plantar foot temperature and diabetic neuropathy: a case study by using an infrared thermal imaging technique. *J Diabetes Sci Technol*. 2010; 4 (6):1386-1392.
26. Harding JR, Banerjee D, Wertheim DF. Infrared imaging in the long-term follow-up of osteomyelitis complicating diabetic foot ulceration. *Proceedings of the First Joint BMES/EMBS Conference 2, Atlanta, GA, USA; 1999; 5: 35-37*
27. Gatt A, Formosa C, Cassar K, Camilleri K, De Raffaele C et al. , Thermographic patterns of the upper and lower limbs: baseline data. *Int. J. Vasc. Med*. 2015

28. Macdonald A, Petrova N, Ainarkar S, Allen J, Passmann P, et al. Thermal symmetry of healthy feet: a precursor to a thermal study of diabetic feet prior to skin breakdown. *Physiol. Meas.* 2017; 38; 33-44
29. Chatchawan U, Narkto P, Damri T, Yamauchi J. An exploration of the relationship between foot skin temperature and blood flow in type 2 diabetes mellitus patients: a cross-sectional study. *J. Phys. Ther. Sci.* 2018, 30 (11):1359-1383
30. Ilo A, Romsis P, Mäkelä J. Infrared Thermography and Vascular Disorders in diabetic Feet. *J Diabetes Sci Technol.* 2020, 14 (1):28-36
31. Petrova N, Donaldson N, Tang W, MacDonald A et al. Infrared thermography and ulcer prevention in the high-risk diabetic foot: data from a single-blind multicentre controlled clinical trial. *Diabet Med.* 2020, 37 (1):95-104
32. Ann deStegge W, Mejaiti N, Van Netten J, Dijkgraaf M, Van Baal J et al. The cost-effectiveness and cost-utility of at-home infrared temperature monitoring in reducing the incidence of foot ulcer recurrence in patients with diabetes (DIATEMP): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 2018,19(1):520
33. Fernando Ignacio de Prada Pérez de Azpeitia. La termografía infrarroja: un sorprendente recurso para la enseñanza de la física y la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias* 13 (3), 617-627, 2016
34. Daniel L. Balageas. Termografía Infrarroja: una técnica multifacética para la Evaluación No Destructiva. IV Conferencia Panamericana de END. Octubre 2007.
35. Astasio A, Escamilla E, Gómez B. Mapa térmico comparativo del pie entre pacientes con y sin diabetes mediante el uso de termografía infrarroja. *Enferm clin.* 2018. 1-5
36. Shusterman V, Anderson KP, Barnea O. Spontaneous skin temperature oscillations in normal human subjects. *Am J Physiol.* 1997; 273(3 Pt 2): R1173-R1181.

37. Jones BF. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *IEEE Trans Med Imaging*. 1998; 17(6): 1019 - 1027.
38. Sanchis - Sánchez E, Vergara - Hernández C, Cibrián RM, Salvador R, Sanchis E, Codoñer - Franch P. Infrared thermal imaging in the diagnosis of musculoskeletal injuries: A systematic review and meta-analysis. *AJR Am J*
39. Henderson HP, Hackett ME. The value of thermography in peripheral vascular disease. *Angiology*. 1978; 29(1): 65-75
40. *BMJ Best Practice*. Diabetic neuropathy. April 2018: 1-106
41. Schaper N, Bakker K. The International Consensus on the Diabetic Foot. In: Andrew J. M. Boulton, Peter R. Cavanagh, Gerry Rayman, editor. *The Foot in Diabetes*. 4o ed.: John Wiley & Sons, Ltd; 2006. p. 386-397
42. Jeppsson JO, Kobold U, Barr J, Finke A, Hoelzel W, Hoshino T, et al. Approved IFCC reference method for the measurement of HbA1c in human blood. *Clin Chem Lab Med* 2002; 40: 78-89
43. Objetivos glucémicos: estándares de atención médica en diabetes. Asociación Americana de Diabetes. *Diabetes Care* 2020;43 (suplemento1):S66 -S76
44. Diabetes Control and Complications Trial Research Group. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 1993;329:977–986
45. Barraza-Lloréns M, Guajardo-Barrón V, Picó J, García R, Hernández C, Mora F, Athié J, Crable E, Urtiz A (2015) *Carga económica de la diabetes mellitus en México*, 2013. México, D.F.: Funsalud
46. INEGI 2016

47. Boulton AJM, Vinik AI, Arezzo JC, Bril V, Feldman EL, Freeman R, et al. Diabetic neuropathies: A statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2005;28(4):956-962.
48. Karvestedt L, Martensson E, Grill V, Elofsson S, Von Wendt G, Hamstein A, et al. The prevalence of peripheral neuropathy in a population-based study of patients with type 2 diabetes in Sweden. *J Diabetes Complications*. 2011;25(2):97-107
49. Tres GS, Lisboa HR, Syllos R, Canani LH, Gross JL. Prevalence and characteristics of diabetic polyneuropathy in Passo Fundo, South of Brazil. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2007;51(6):987-92
50. Fedele D, Comi G, Coscelli C, Cucinotta D, Feldman EL, Ghirlanda G, et al. A multicenter study on the prevalence of diabetic neuropathy in Italy. Italian Diabetic Neuropathy Committee. *Diabetes Care*. 1997;20(5):836-46
51. Katulanda P, Ranasinghe P, Jayawardena R, Constantine GR, Sheriff MH, Matthews DR. The prevalence, patterns and predictors of diabetic peripheral neuropathy in a developing country. *Diabetol Metab Syndr*. 2012; 4(1):21
52. Jayaprakash P, Bhansali A, Bhansali S, Dutta P, Anantharaman R, Shanmugasundar G, et al. Validation of bedside methods in evaluation of diabetic peripheral neuropathy. *Indian J Med Res* 2011;133:645-9
53. Chiwanga Fs, Njelekela MA. Diabetic foot: prevalence, knowledge, and foot self-care practices among diabetic patients in Dar Es Salaam, Tanzania: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res*. 2015;8:20
54. Ibarra R CT, Rocha L JJ, Hernández O R, Nieves R RE, Leyva J R. Prevalencia de neuropatía periférica en diabéticos tipo 2 en el primer nivel de atención. *Rev Med Chile* 2012; 140: 1126-1131
55. Paz JG. Pie Diabético: Guías de Manejo. *Cambios Órgano Oficial de Difusión Científica*. Ecuador 2005; 4: 179-86

56. Gómez-Hoyes E, A. levy E, Diaz-Pérez, et al., Pie diabético revisión. Seminarios de la fundación Española de Reumatología. 2012; 13(4):119-29
57. Boulton AJ, Armstrong DG, Albert SF, et al. Comprehensive foot examination and risk assessment: a report of the task force of the foot care interest group of the American Diabetes Association, with endorsement by the American Association of Clinical Endocrinologists. *Diabetes Care* 2008; 31:1679.
58. Ramsey SD, Newton K, Blough D, et al. Incidence, outcomes, and cost of foot ulcers in patients with diabetes. *Diabetes Care* 1999; 22:382.
59. Gregg EW, Sorlie P, Paulose-Ram R, et al. Prevalence of lower-extremity disease in the US adult population  $\geq 40$  years of age with and without diabetes: 1999-2000 national health and nutrition examination survey. *Diabetes Care* 2004; 27:1591.
60. American Diabetes Association: Statistics about diabetes: diabetes from the national diabetes statistics report, 2014
61. Pecoraro RE, Reiber GE, Burgess EM. Pathways to diabetic limb amputation. Basis for prevention. *Diabetes Care* 1990; 13:513.
62. Singh N, Armstrong DG, Lipsky BA. Preventing foot ulcers in patients with diabetes. *JAMA* 2005; 293:217.
63. Cheer K, Shearman C, Jude EB. Managing complications of the diabetic foot. *BMJ* 2009; 339:b4905.
64. Davis WA, Norman PE, Bruce DG, Davis TM. Predictors, consequences and costs of diabetes-related lower extremity amputation complicating type 2 diabetes: the Fremantle Diabetes Study. *Diabetologia* 2006; 49:2634.
65. Arredondo A, De Icaza E. Costos de la Diabetes en América Latina: Evidencias del Caso Mexicano. *Value in health* 14 (2011) S85-S88 (33)

66. Barraza-Lloréns M, Guajardo-Barrón V, Picó J, García R, Hernández C, Mora F, Athié J, Crable E, Urtiz A (2015) Carga económica de la diabetes mellitus en México, 2013. México, D.F.: Funsalud.
67. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. (ENSANUT MC 2016)
68. Browne RH. The Use of a Pilot Sample for Sample Size Determination, *Statistics in Medicine*. 1995. 14(17), 1933-1940.
69. Guía de práctica clínica sobre Diabetes tipo 2. IMSS. Actualización 2018.
70. Grupo editorial Larousse. Diccionario enciclopédico Larousse. México. Editorial Larousse; 2012

## ANEXOS



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
**UNIDAD DE EDUCACION, INVESTIGACIÓN Y POLITICAS DE SALUD.**  
**COORDINACION DE INVESTIGACIÓN EN SALUD**

### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (ADULTOS)

#### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACION EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

Nombre del Estudio	ASOCIACION DEL PATRON TERMOGRAFICO DE AMBOS MIEMBROS PELVICOS Y LA HEMOGLOBINA GLUCOSILADA HGA1C EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS.
Patrocinado externo (si aplica)	No aplica
Lugar y fecha	Unidad de Medicina Familiar No. 1 del HGZ1 del Instituto Mexicano del Seguro Social, en San Luis Potosí, en el periodo del 1º de marzo al 30 de junio del 2021
Número de registro:	R-2019-2402-043
Justificación y objetivo del estudio	Pretende realizar comparación entre la temperatura de ambas piernas en relación con la glucosa de hasta seis meses de evolución. (termografía y HbA1c
Procedimiento:	Consiste en la autorización y firma de este consentimiento informado, posteriormente se procederá al llenado de una hoja de recolección de datos generales del paciente incluyendo resultado de HgA1c y se realizará toma de Termografía de miembros inferiores
Posibles riesgos y molestias:	Al ser un estudio de bajo riesgo e intervención mínima no se espera algún tipo de complicaciones que puedan comprometer la salud o integridad del paciente.
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Se identificarán daños a los nervios por un alto nivel de glucosa en la sangre, así como daño u obstrucción en los vasos sanguíneos de las piernas y en caso de ser necesario se derivará a la especialidad de cirugía para su control y manejo. Se informará al paciente de los resultados y todo aquello que convenga para mejorar su control metabólico y salud..
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	Los resultados sólo serán utilizados para el desarrollo del protocolo de estudio, teniendo acceso a la información el personal involucrado en el desarrollo del mismo.
Participación o retiro:	El participante no está obligado de ninguna manera a ser parte del estudio y puede retirarse de su participación en cualquier momento o etapa del estudio, sin existir penalización alguna. Al autorizar el presente consentimiento la persona se compromete a la aportación veras de la información solicitada para el estudio.
Privacidad o confidencialidad:	La información obtenida en el proceso del estudio es meramente académica sin exponer dicha información más allá de las personas relacionadas con el estudio; manteniendo la confidencialidad de la persona y toda información proporcionada. Los registros de identificación de la persona se mantendrán de forma confidencial y no se hará de conocimiento público. Si los resultados se publican, la identidad de la persona se mantendrá confidencial.

#### En caso de colección de material biológico (si aplica): **NO APLICA**

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

- No se autoriza que se tome la muestra
- Si autorizo que se tome la muestra solo para el estudio
- Si autorizo que se tome la muestra para estudio y estudios futuros

Disponibilidad de tratamiento médico en derechohabientes (si aplica): **NO APLICA**

Beneficios al término del estudio: Se generará conocimiento científico en relación a daño o alteraciones en miembros inferiores ocasionados por la diabetes mellitus.

**AUTORIZO MI PARTICIPACIÓN EN EL PRESENTE PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN. SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_.**

**NOMBRE DEL PACIENTE: \_\_\_\_\_ NSS: \_\_\_\_\_**

**FIRMA DE AUTORIZACIÓN: \_\_\_\_\_**

**En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrán dirigirse a**

**En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrán dirigirse a**

Investigador responsable: MARIA GUADALUPE MEDINA RANGEL. CORREO: lupismrangel@gmail.com tel: 44 44 477381  
Colaboradores: JULIETA BERENICE BARBOSA ROJAS CORREO: july\_jyl@hotmail.com tel 44 41 4095 54, Dirección:  
Avenida Valentín Amador esquina López Hermosa S/N. Col. Ferrocarrilera, C.P. 78310.

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética e Investigación de la CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4to piso Bloque B, de la Unidad de Congresos, Colonia Doctores México, DF CP 0672006720. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230, correo electrónico: comision.eticaimss.gob.mx



## CUESTIONARIO PACIENTE

No. Exp:

NOMBRE: \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_ SEXO: \_\_\_\_\_

NSS: \_\_\_\_\_ CONSULTORIO: \_\_\_\_\_ TURNO: \_\_\_\_\_

TEL(S): \_\_\_\_\_

TIEMPO DE DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS: \_\_\_\_\_ AÑOS

TRATAMIENTO ACTUAL (CIRCULAR):  
METFORMINA                      GLIBENCLAMIDA  
PIOGLITAZONA                      ACARBOSA                      INSULINA NPH                      INSULINA GLARGINA  
INSULINA MIX 25                      INSULINA RAPIDA REGULAR                      INSULINA ULTRA-RÁPIDA

TABAQUISMO: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

PORTADOR DE ENFERMEDADES COMO ARTRITIS REUMATOIDE, LES, ETC: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

PORTADOR DE INSUFICIENCIA VENOSA: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

PORTADOR DE INSUFICIENCIA ARTERIAL: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

HGB A1C PREVIA: \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	MAR- ABR 2019	MAY- JUN 2019	JUL- AGO 2019	SEP-OCT 2019	NOV-DIC 2020	ENE-FEB 2020	FEB 2020- MAY 2021	JUN 2021	JUL-SEP 2021
<b>Fase conceptual</b>									
Formulación y delimitación del problema									
Revisión de Bibliografía									
Definición de Marco Teórico									
Formulación de Hipótesis									
Diseño y Planeación									
Selección de diseño									
Identificación de población de estudio									
Especificación de métodos para medir variables									
Envío a revisión a el comité de ética e Investigación									
Probable aprobación									
<b>Fase empírica</b>									
Recolección de datos									
Preparación de datos para el análisis									
<b>Fase analítica</b>									
Análisis de datos									
Interpretación de resultados									
Fase de difusión									

## CÁMARA TERMOGRÁFICA

