



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

RELACIÓN DE LA CIRCUNFERENCIA DE CINTURA CON LOS CRITERIOS DIAGNÓSTICOS DE DIABETES EN TRABAJADORES UNIVERSITARIOS

LAURA MILENA SÁNCHEZ OBANDO

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Movimiento Corporal Humano
Bogotá, Colombia
Ciudad, Colombia
2020

RELACIÓN DE LA CIRCUNFERENCIA DE CINTURA CON LOS CRITERIOS DIAGNÓSTICOS DE DIABETES EN TRABAJADORES UNIVERSITARIOS

Laura Milena Sánchez Obando

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título

de:

Magíster en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Director (a):

M.Sc. Mary Luz Ocampo Plazas

Línea de Investigación:

Medición y evaluación en kinesiología

Grupo de Investigación:

Profundización en kinesiología

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Movimiento Corporal Humano

Bogotá, Colombia

2020

A mi mamá por siempre impulsarme a crecer y ser mejor persona. A mis hermanos por el acompañamiento en todo el proceso. Sin el apoyo de ustedes esto no sería posible.

A mis amigas que siempre me escucharon y animaron en todo momento.

Agradecimientos

A mi amiga Marly Villarreal, por su apoyo y sincera amistad durante todo este proceso. A mi directora Mary Luz Ocampo por su guía y por enseñarme que las dificultades son para afrontarlas.

A Unisalud, especialmente al jefe de Servicios de Salud Fernando Ospina, por abrir el espacio para que se pudieran llevar a cabo las muestras sanguíneas de aquellos trabajadores afiliados a Unisalud.

A TLM Andina, Colombia; como distribuidor de equipos médicos de alta tecnología a nivel nacional y que puso a nuestra disposición el equipo InBody 770 ® para la medición de composición corporal.

A los trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia que participaron en el estudio.

Resumen

Síntesis: La Diabetes Mellitus II (DM2) se presenta por defectos en la secreción o en la acción de la insulina y se caracteriza por la resistencia a ésta, por lo que el organismo es incapaz de utilizarla eficazmente. La obesidad central presenta mayor riesgo de presentar DM2, siendo la circunferencia de cintura una medida utilizada para diagnosticar y monitorear la distribución de grasa abdominal, asimismo la glicemia en ayunas y la hemoglobina glicosilada se utilizan para diagnosticar y controlar las complicaciones de la DM2. Este proyecto plantea la posibilidad de estimar los valores de glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada a partir de la circunferencia de cintura. **Objetivo:** Determinar la relación matemática entre la circunferencia de cintura con la glicemia en ayunas y la hemoglobina glicosilada en trabajadores entre 20 a 60 años de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. **Metodología:** Estudio de corte transversal cuantitativo que pretendió determinar la relación matemática entre la circunferencia de cintura con la glicemia en ayunas y la hemoglobina glicosilada en trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá a través de un modelo de regresión que expresó dicha relación por medio de una ecuación. **Resultados:** Presencia de diabetes en el 8,6% de hombres y 1,5% de mujeres de acuerdo con los valores de hemoglobina glicosilada. Se encontró una relación significativa ($r^2=0,19$; $F_{1-98}=23,47$; $p<0,001$) de la circunferencia de cintura y glicemia en ayunas expresada por la ecuación $LN_{Glicemia} = 3,713 + 0,009 * Circunferencia\ de\ cintura(cm)$ mientras que con la hemoglobina glicosilada no se cumplieron los supuestos de normalidad. **Conclusión:** El análisis de regresión paso a paso demostró la estimación de los valores de glicemia en ayunas a partir de los valores de circunferencia de cintura. La hemoglobina glicosilada no cumplió con los supuestos del modelo por lo cual se requieren más investigaciones al respecto.

Palabras clave: Diabetes Mellitus II, Circunferencia de cintura, Hemoglobina glicosilada, Glicemia en ayunas.

Abstract

Synthesis: Diabetes Mellitus II (DM2) is caused by defects in the secretion or action of insulin and is characterized by resistance to it, so the body is unable to use it effectively. Central obesity has a higher risk of DM2. Central obesity is at higher risk of developing DM2, so waist circumference is a measure used to diagnose and monitor the distribution of abdominal fat, also fasting blood glucose and glycated hemoglobin are used to diagnose and control complications of the DM2. This project raises the possibility of estimating fasting blood glucose and glycated hemoglobin values from the waist circumference. **Objective:** Determine the relationship between waist circumference with fasting glycemia and glycosylated hemoglobin in workers between 20 and 60 years at the National University of Colombia. **Methodology:** Quantitative cross-sectional study that aims to determine the relationship between waist circumference and fasting blood glucose and glycosylated hemoglobin in workers of the National University of Colombia through a multivariate model that expresses this relationship by means of an equation. **Results:** Diabetes presence in 8.6% of men and 1.5% of women according to the values of glycated hemoglobin. A significant relationship ($r^2 = 0.19$; $F_{1-98} = 23.47$; $p < 0.001$) of waist circumference and fasting blood glucose was found, expressed by the equation $LN_Glicemia = 3.713 + 0.009 * Waist\ circumference\ (cm)$ while with normal glycosylated hemoglobin the assumptions of normality were not met. **Conclusion:** Step-by-step multiple regression analysis demonstrated the estimation of fasting blood glucose values from waist circumference values. Unlike glycated hemoglobin, which did not meet the model's assumptions, therefore, more research is required in this regard.

Keywords: Diabetes Mellitus II, Waist circumference, Glycated hemoglobin, Fasting blood glucose.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Abstract	X
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de abreviaturas	XVI
Introducción	1
1. Planteamiento del problema	3
2. Justificación	11
3. Marco Referencial	15
3.1 Marco legal	15
3.2 Marco teórico.....	17
3.2.1 Diabetes Mellitus.....	17
3.2.2 Origen de la Diabetes Mellitus.....	18
3.2.3 Criterios diagnósticos de la diabetes.....	20
3.2.4 Grasa abdominal y circunferencia de cintura.....	23
3.2.5 Distribución de grasa corporal y su relación con diabetes	25
4. Objetivos	30
4.1 Objetivo general.....	30
4.2 Objetivos específicos.....	30
5. Metodología	31
5.1 Enfoque de la investigación	31
5.2 Población.....	31
5.3 Variables.....	33
5.4 Proceso de obtención de la información	37
5.5 Estrategias de control de errores y sesgos	37
5.6 Regresión lineal simple.....	38
5.7 Análisis de datos.....	41
5.8 Consideraciones éticas	42

6. Resultados	45
6.1 Caracterización de la población de estudio	45
6.2 Estimación curvilínea circunferencia de cintura y glicemia en ayunas	48
6.3 Estimación curvilínea circunferencia de cintura y hemoglobina glicosilada	51
7. Discusión	54
8. Conclusiones	59
9. Fortalezas, limitaciones y recomendaciones	60
10. Recursos y costos	61
A Anexo: Consentimiento informado	62
B. Anexo: Protocolo de medición de las características físicas y antropométricas	64
C. Anexo: Protocolo de medición de la circunferencia de cintura	67
D. Anexo: Protocolo de medición laboratorios sanguíneos	70
Bibliografía	74

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Estimación curvilínea circunferencia de cintura y glicemia en ayunas....	48
Figura 2: Gráfica de residuos estandarizados para el LN_Glicemia.....	50
Figura 3: Estimación curvilínea circunferencia de cintura y hemoglobina glicosilada	51.

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2: Características de los participantes.....	44
Tabla 3: Tabla descriptiva variables del estudio por edades.	46
Tabla 4: Valores de circunferencia de cintura y glicemia en ayunas.	47
Tabla 5: Clasificación de riesgo de Diabetes de acuerdo a la HbA1c.....	47
Tabla 6: Error del modelo glicemia en ayunas y circunferencia de cintura	50
Tabla 7: Error del modelo hemoglobina glicosilada y circunferencia de cintura.....	52

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
DM2	Diabetes Mellitus II
OMS	Organización Mundial de la Salud
ASIS	Análisis de situación de salud
ENT	Enfermedades No Transmisibles
ADA	Asociación Americana de Diabetes
ALAD	Asociación Latinoamericana de Diabetes
HbA1c	Hemoglobina glicosilada
IDF	Federación Internacional de Diabetes
IMC	Índice de masa corporal
CC	Circunferencia de cintura
RCC	Relación cintura cadera
HDL	High density level
Hb	Hemoglobina
OPS	Organización Panamericana de Salud
DOTA	Declaración de las Américas sobre la Diabetes
EPS	Empresa prestadora de salud
ARL	Aseguradora de riesgos laborales
mg	Miligramo
dL	Decilitro

Introducción

El presente estudio hace parte de un macroproyecto titulado: “Relación de variables cardíacas, serológicas y antropométricas con el riesgo de desarrollar enfermedades cardiometabólicas en una población de trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.” realizado bajo la dirección de la profesora Mary Luz Ocampo Plazas. El presente estudio específicamente da cuenta de la relación entre la circunferencia de cintura y criterios diagnósticos de diabetes tales como hemoglobina glicosilada y glicemia en ayunas.

1.Planteamiento del problema

La diabetes tipo 2 (DM2) se caracteriza por perturbaciones en la actividad y la secreción de la insulina, cualquiera de estas dos puede ser el signo predominante, y se sabe que al manifestarse clínicamente ya se ha establecido desde tiempo atrás. Esta enfermedad suele ser asintomática, lo que conlleva a que muchos de los casos pasen inadvertidos y sin diagnóstico. Así pues, la DM2 frecuentemente no se diagnostica por muchos años debido a que la hiperglicemia se desarrolla gradualmente, en estados tempranos, no es lo suficientemente severo para que el paciente note sus síntomas (1). Además, consta de cuatro características metabólicas: obesidad, resistencia a la insulina, disfunción en la secreción de la hormona o exceso de la producción de glucosa endógena (2).

Esta enfermedad constituye un grave problema mundial y nacional de salud pública por su relación con altas tasas de mortalidad y aumento en el gasto de los sistemas para el tratamiento y rehabilitación en este tipo de pacientes (3). Además, se considera una enfermedad de alto costo, tanto social como económico, que por ser crónica, afecta la calidad de vida de quien la padece (4). Esto incide en el desarrollo económico, debido a que no tiene sólo una alta carga para las personas, las familias y las comunidades sino también para el desarrollo socioeconómico de los países de menores ingresos (4,5). La inversión económica en medicamentos y tratamientos es una fuente importante de gasto en la atención de la diabetes (6).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el número de personas con DM2 ha aumentado de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014 (7). Su prevalencia va en aumento asociándose a dieta rica en calorías y disminución de la actividad física (8), asimismo, en los últimos años se ha identificado su inicio a edades cada vez más

tempranas (9), observándose que la edad, el sexo y la etnia también contribuyen a la susceptibilidad metabólica (10). La cantidad de personas afectadas por esta enfermedad mueren de manera prematura, lo que ha demostrado una disminución de los años de vida productivos y un deterioro en la calidad de vida de las personas que la padecen, requiriendo medicamentos de por vida, cirugías complejas y hospitalizaciones prolongadas (3,5,11). La prevalencia de esta enfermedad a nivel mundial en mayores de 18 años ha aumentado del 4,7% en 1980 al 8,5% en 2014 (12). En países de Latinoamérica aumenta con la edad, encontrándose desde los 20 años en un 24%, mayores de 50 años en un 30% y por encima de los 60 mayor del 40% (13). Aproximadamente 62 millones de personas tienen DM en las Américas (14) y se ha evidenciado que muchas de éstas no tienen conocimiento de ello, además, fue la séptima causa de muertes en 2016 (6).

En Colombia, la prevalencia de DM2 oscila entre el 7 - 9% de la población adulta (20 años o más) (15,16). Esta enfermedad se encuentra entre las primeras cinco causas de muerte y su morbilidad también es considerable (17). El mestizaje, el envejecimiento y los factores asociados a la urbanización son los principales determinantes de la epidemia de diabetes, destacándose también la alta frecuencia de sobrepeso y obesidad (más del 30%) y de síndrome metabólico (entre 20 - 35%) (17). Según el análisis de situación de salud (ASIS), en 2013 existían 634.098 personas afiliadas al Sistema General de Seguridad Social en Salud captadas con DM2 por los servicios de salud, de las cuales el 1,41% eran menores de 30 años, el 6,39% entre 30 y 45 años y el restante 92,20% eran mayores de 45 años (18), siendo más prevalente en zonas urbanas que rurales (11,18). En Bogotá el riesgo de mortalidad por diabetes es del 21% y se le atribuye a los malos hábitos alimenticios y el sedentarismo (53,2%) (11). Así pues, el costo total promedio atribuido a la DM2 es de \$5.7 billones de pesos colombianos, representando además la quinta causa de muerte en el país con una tasa de 15 muertes por cada 100.000 personas (11). De acuerdo a la mortalidad atendida por ciclo vital, el ASIS 2017 también informa que las enfermedades no transmisibles (ENT) fueron la primera causa de atención durante el periodo comprendido entre los años 2009 y 2017 tanto para los adolescentes, jóvenes y adultos (18).

Existen esfuerzos a nivel mundial para mitigar el impacto de esta enfermedad, por ejemplo, dentro del Plan de Acción Mundial de la OMS para la prevención y control de las enfermedades no transmisibles (ENT), se ha propuesto para el 2020 una reducción relativa del 25% en la mortalidad prematura por enfermedades cardiovasculares, en las que se tiene en cuenta la DM2 y que tiene como principal objetivo el control glicémico (19). Este control está dado por diferentes pruebas que dan cuenta de la cantidad de glucosa en el organismo, entre estas se encuentra la hemoglobina glicosilada (HbA1c) que según la Asociación Americana de Diabetes (ADA) y la Asociación Latinoamericana de Diabetes (ALAD), la meta de control del nivel de HbA1c es $\leq 7\%$ (53 mmol/mol), aunque sugieren que este objetivo puede reducirse más en pacientes con un diagnóstico reciente sin complicaciones conocidas y con larga esperanza de vida ($\leq 6,5\%$), y ser menos estrictos en aquellos pacientes con complicaciones vasculares avanzadas ($\leq 8\%$) (20). Estas recomendaciones son tomadas en Colombia por medio de la Guía de práctica clínica para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la diabetes mellitus tipo 2 en la población mayor de 18 años (16). En cuanto a los valores de glicemia, la ALAD establece como meta en ayuno valores entre 70 a 120 mg/dl (20). Por otra parte, la Federación Internacional de Diabetes (IDF, por sus siglas en inglés) propone que para el diagnóstico de diabetes como tal, se debe presentar una HbA1c $\geq 6,5\%$ (48 mmol/mol), glicemia plasmática en ayunas ≥ 126 mg/dl y una glicemia plasmática después de 2 horas de impuesta la carga glicémica ≥ 200 mg/dl (21). Es así como estos dos criterios (HbA1c y glicemia en ayunas) se utilizan como marcadores de seguimiento y como método diagnóstico ya que reflejan la concentración de glucosa en sangre (22).

Por otra parte, la DM2 tiene diferentes factores de riesgo, uno de ellos y con amplia evidencia es la obesidad (23–25). Este factor es determinante en la incidencia y depende de su duración y magnitud para desencadenar en DM2 (26), evidenciándose que el riesgo de presentar dicha forma de diabetes es del doble en quienes han mostrado peso excesivo durante diez años o más, en comparación con aquellos cuya obesidad duró menos de cinco años (2). Así pues, la obesidad tradicionalmente ha sido medida por diferentes indicadores antropométricos tales como el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de cintura (CC) y la relación cintura – cadera (RCC) (26–28). Sin embargo, estos indicadores representan diferentes aspectos de la composición corporal, mientras el IMC refleja la masa corporal total, la CC y la RCC reflejan la obesidad abdominal, de la cual la grasa visceral es en gran parte responsable. En particular, la CC es una medida simple y

sencilla de obtener y se ha reconocido como un mecanismo plausible para la cuantificación de la grasa visceral y como un indicador antropométrico de resistencia a la insulina el cual ha sido reconocido también por ser económico y accesible (25,27,29). Asimismo, para la medición de la cantidad de glucosa en sangre existen dos criterios importantes que a su vez diagnostican DM2: hemoglobina glicosilada (HbA1c) y glicemia en ayunas, los cuales tienen alto potencial para indicar los niveles promedios de glucosa en sangre y son criterios importantes en el seguimiento y prevención de las complicaciones de la DM2. La primera data de 2 a 3 meses anteriores al análisis y se ha demostrado su correlación con la glicemia media, teniendo que por cada cambio de 1% de HbA1c corresponde a una variación de 35 mg/dL de glicemia media (30). Por otro lado, la segunda da cuenta del mismo momento de la toma (31).

Aquello que influye en presentar a futuro DM2 es la distribución corporal de la grasa. La obesidad central, caracterizada por la predominancia de la grasa en la parte superior del cuerpo conlleva a un mayor riesgo de esta forma de diabetes y se asocia con una alta incidencia de arteriopatía coronaria, hiperinsulinemia, hipertrigliceridemia, hipertensión y alteraciones en los perfiles de hormonas sexuales (2). Se ha evidenciado también, que la hiperinsulinemia o la resistencia a la insulina constituyen un signo fundamental en este conjunto de anormalidades vinculadas con la obesidad abdominal (26). Dos elementos básicos en la aparición de diabetes en personas obesas son la acción y secreción de la insulina. Para que ocurra diabetes franca se necesitan defectos en ambas variables, lo cual produce en primer lugar hiperglicemia como compensación a la insulinoresistencia (2,32).

Diferentes estudios epidemiológicos han evidenciado la relación que tiene la obesidad en términos del riesgo de padecer DM2, por ejemplo, en población japonesa se ha demostrado que el incremento en el perímetro de cintura se asocia a DM2, 1,8 veces en hombres y 2,3 veces en mujeres (33). En población australiana, se evidenció que un incremento de 1 desviación estándar en el perímetro de cintura se asocia con un incremento del riesgo de diabetes de 1,7 veces en hombres y de 2,1 veces en mujeres al

cabo de 10 años (34). En población italiana se ha encontrado cómo el incremento de 1 centímetro en el perímetro de cintura se asocia con un incremento de 3,2% del riesgo de diabetes (35). En Colombia se realizó un estudio en Bogotá con pacientes mayores de 18 años en una institución prestadora de servicios de salud, en la cual se encontró que el perímetro aumentado ajustado por edad, sexo, colesterol HDL e IMC, por criterios de la IDF se asocia 1,44 veces el riesgo de DM2 y por criterios latinoamericanos se incrementa 1,42 (25). Antes se hablaba que los pacientes que más riesgo tenían en padecer DM2 bordeaban los 50 años, ahora el grupo está situado en torno a los 35 años y cada vez se observa en edades más tempranas (20 años), razón por la cual en Colombia la guía clínica para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la DM2 se realizó en la población mayor de 18 años (16). Esta evidencia muestra la fuerza de asociación entre la circunferencia de cintura y la presencia de diabetes en diferentes poblaciones.

Partiendo que existe una correlación entre la obesidad abdominal y el riesgo de padecer DM2, se han realizado diferentes estudios que evidencian la relación existente entre los métodos de evaluación que se utilizan para diagnosticar estas dos condiciones, especialmente entre la circunferencia de cintura y la glicemia en ayunas. Por ejemplo, en el estudio realizado por Maceda y Martínez (36) evaluaron 305 adultos a los que les cuantificaron la glucosa en ayunas y midieron el perímetro abdominal. El 95% tenían el perímetro abdominal incrementado y la glucosa elevada (> 100 mg/dl), todos estos valores fueron significativamente estadísticos $p < 0,01$, dando cuenta de la relación significativa directa que existe entre estas dos variables. Asimismo, Díaz J y col evidenciaron la relación entre el perímetro abdominal y la glicemia basal en hombres y mujeres peruanos entre 18 años a 65 años, demostrando que el riesgo que se eleve la glicemia basal es mayor en aquellos con perímetro abdominal elevado teniendo relaciones altamente significativas entre hombres ($p=0,0009$) y mujeres ($p=0,0034$)(13). Es así como, al existir una relación dada por estudios correlacionales de los valores de circunferencia de cintura con glicemia en ayunas, se planteó la relación matemática de esta con la circunferencia de cintura (CC) por medio de una ecuación que permitió la estimación de la glicemia en ayunas a partir de los valores de CC. Con relación a la HbA1c, no se encontraron estudios que revelaran la

relación directa con la CC, pero al ser un criterio diagnóstico de la DM2 se propuso también para el análisis y así identificar si existe relación con esta variable.

Por su parte, los trabajadores universitarios cuentan con pocas investigaciones que los incluyan como población de estudio, por lo cual no se cuenta con información que revele la magnitud del problema. Sin embargo, en el año 2010, Lancheros y cols determinaron la prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en trabajadores de una institución universitaria en Bogotá, encontrando que la prevalencia de diabetes fue del 7%, diferentes grados de obesidad se presentaron en un 6,2% y sobrepeso se encontraba en un 36.8% (37). En Medellín, también se midieron los principales factores de riesgo cardiovascular en una población de trabajadores universitarios, en el cual identificaron una prevalencia de 3,5% de diabetes y el 18,6% eran obesos (38). Además, a pesar de que la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, es una de las más grandes del país no cuenta con suficientes estudios que evalúen la condición de salud o la frecuencia de factores de riesgo cardiovasculares en sus trabajadores. En la revisión, se encontró un estudio realizado en el año 2004 por la División de Lípidos y Diabetes de la Facultad de Medicina, en el cual midieron el riesgo cardiovascular global a diez años mediante las tablas de Framingham, prevalencia de dislipidemias y factores de riesgo cardiovascular en 364 adultos, de los cuales solo una parte eran trabajadores de la Universidad (39).

Lo anterior, pone en manifiesto la necesidad de fortalecer las medidas que mejoren la estratificación del riesgo de los trabajadores y permitan ofrecer enfoques de intervención desde la prevención (modificaciones en el estilo de vida, tales como cambios en la alimentación y realización de actividad física frecuente. En cuanto a los cambios en el estilo de vida, para lograr metas y mejorar la adherencia a los cambios, un enfoque basado en el paciente es clave. Esto incluye involucrar al paciente en la toma de decisiones, en la que se incluya un intercambio de información y una deliberación colaborativa sobre las diferentes opciones con el fin de alcanzar consensos sobre las elecciones del estilo de vida del paciente y un curso de acción terapéutico adecuado (30). Para ayudar al paciente en la toma de decisiones sobre su propio cuidado de la salud, el conocimiento sobre la

presencia o no de obesidad central y sus posibles implicaciones relacionadas específicamente con DM2 es importante.

Por otra parte, la glicemia en ayunas y la HbA1c hacen parte de las pruebas de rutina de laboratorios clínicos, pero se usan únicamente cuando hay sospecha de presentarla (como se mencionó anteriormente, esta es una enfermedad asintomática por lo cual la presencia de síntomas dan cuenta de una fase tardía) o para el control de pacientes a quienes ya se les ha diagnosticado DM2 (22). La realización de estas pruebas de laboratorio cada vez se solicita más debido al aumento en la incidencia de la enfermedad, por lo que incrementan los costos en salud y que al ser invasivo acarrea diferentes riesgos. Por su parte, la CC es una medición no invasiva que permite tener un valor cuantitativo de la grasa abdominal y que, según estudios anteriormente mencionados, presenta también una relación directa y significativa con la glicemia en ayunas. Razón por la cual es importante realizar estudios de investigación que identifiquen la relación entre la CC con la glicemia en ayunas y la HbA1c en términos de obtener valores aproximados por medio de una ecuación, lo que abre oportunidades para establecer la CC como indicador de los valores de glicemia en ayunas y HbA1c.

En este sentido, se busca que la CC sea una medida antropométrica (sencilla y reproducible) que evalúe los valores aproximados de glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada, lo cual asegure un mejor control de los factores de riesgo de la DM2. Como se mencionó anteriormente, existe una relación de la CC con la glicemia en ayunas, razón por la cual se propuso determinar la relación matemática existente entre estas variables a partir de un modelo multivariado que definió los valores de HbA1c y glicemia en ayunas a partir de la CC expresados por una ecuación (40). Esto con el objetivo de identificar la utilidad de la CC, no solo en el diagnóstico de obesidad central sino en la aproximación que ésta tenga con los valores de glicemia en ayunas y HbA1c, para que así se dé inicio prontamente a intervenciones de tipo preventivo entre las que se incluyen cambios en la alimentación y realización de actividad física frecuente.

Por lo expuesto, con el desarrollo de esta investigación se busca resolver la pregunta:
¿Cuál es la relación matemática entre la circunferencia de cintura y los criterios
diagnósticos de diabetes en una población de trabajadores entre 20 a 60 años de la
Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá?

2. Justificación

La circunferencia de cintura tiene relevancia clínica ya que es una medida sencilla, fácil de aplicar y económica, la cual indica la cantidad de grasa abdominal de una persona y que si se encuentra > 92 cm en los hombres y > 84 cm en las mujeres representa obesidad abdominal y resistencia a la insulina, por ende mayor riesgo de enfermedad cardiovascular (41). Por su parte, dentro de los criterios diagnósticos de diabetes tipo 2, está la glicemia en ayunas que mide la concentración de glucosa en sangre en el momento de la toma del examen cuando el sujeto ha tenido un ayuno de por lo menos 8 horas para asegurar que la toma indique los niveles basales de glucosa en sangre y debe presentar valores ≤ 100 mg/dl (21), y la hemoglobina glicosilada (HbA1c) que es una heteroproteína de la sangre que resulta de la unión de la hemoglobina (Hb) con glúcidos unidos a cadenas carbonadas con funciones ácidas en el carbono 3 y el 4 (30), la cual su valor normal es $\leq 5,7\%$ (21). Sin embargo, la medición rutinaria de la glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada en todos los pacientes no es una estrategia viable económicamente para la mayoría de los servicios de salud, por lo que se hace necesario el desarrollo de herramientas clínicas económicas y fáciles de realizar que se relacionen de manera adecuada con los valores de glucosa en sangre. Además, la CC ha demostrado ser un marcador promisorio de utilidad para la estimación clínica de alteraciones en la sensibilidad a la insulina y solo se requiere una sola medición para obtener resultados (41). Por lo que la medición de esta es particularmente importante, por su facilidad no sólo en su medición sino en su interpretación. Lo anterior, generó la necesidad de disponer de valores antropométricos que den cuenta de los valores de glucosa en sangre.

Además, es importante tener en cuenta que en Colombia cualquier intervención en salud que no se encuentre en el Plan Obligatorio de Salud (POS) debe ser autorizada en cada caso particular por un comité técnico científico acarreado incremento en los costos en salud (16). Por su parte, todas las pruebas de tamización y diagnóstico se encuentran incluidas en el POS, razón por la cual la CC tiene un gran potencial para disminuir los

costos en salud al ser una herramienta para la detección temprana. Adicional a eso, la detección temprana de las condiciones crónicas no solo impacta en los costos en salud sino en la posibilidad de desarrollar estrategias de prevención para la disminución de la grasa abdominal a través de ejercicio.

Por otra parte, a nivel mundial existen aproximadamente 326,5 millones de personas en edad laboral (20 a 60 años) con diabetes. Se prevé que el número de este tipo de personas con diabetes aumentará a 438,2 millones para el 2045 (42). Además, según el ASIS 2019 (43) la primera causa de atención durante el período comprendido entre 2009 – 2018 fueron las ENT, lo que da cuenta de la alta demanda de los servicios en salud para atender este tipo de enfermedades. Esta situación refleja la importancia de la búsqueda activa, la detección precoz y el avance en definir un método de evaluación para la detección de casos en este tipo de población, ya que al tener la CC como una medición con la cual se obtienen los valores de glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada disminuiría los costos en salud con la toma de exámenes y eventualmente podrían realizarse estrategias de tamizaje y preventivas sin incurrir en los gastos relacionados con la toma de laboratorios, además, no se cuenta con suficiente evidencia que demuestre la prevalencia de diabetes y obesidad abdominal que incluya trabajadores de la Universidad Nacional en estas edades en las que mayormente no se presentan comorbilidades asociadas por lo que a través de este estudio se caracterizaron la CC, HbA1c y la glicemia en ayunas lo que permitió observar su comportamiento y distribución para así proporcionar una línea de base. Por su parte, teniendo en cuenta que los trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia son una población cautiva y heterogénea, se escogen para realizar la investigación. Esto también, con el fin de actualizar el estado de salud cardiometabólica de aquellos trabajadores que voluntariamente decidieron participar y así fortalecer las estrategias de control y manejo de condiciones no transmisibles.

A pesar de que existen investigaciones que comparan el grado de obesidad en individuos con y sin DM2, existen menos informes de la relación entre el grado de la obesidad (particularmente la abdominal o central) y la magnitud de la glicemia. Por lo tanto, el interés de realizar la investigación estuvo en determinar la relación existente entre la CC y los criterios diagnósticos de diabetes tales como glicemia en ayunas y HbA1c, a través de un modelo de regresión, el cual definió la relación independiente de una variable predictora

(circunferencia de cintura) con una variable respuesta (glicemia en ayunas y HbA1c). En este análisis se definió también, el coeficiente de determinación (R^2), en el que la circunferencia de cintura está explicando otra variable, que para este estudio fueron la glicemia en ayunas y la HbA1c, por lo que, se obtuvo una ecuación que permitió estimar sus valores aproximados.

Con esto, es posible la inclusión de estrategias para la identificación temprana de los riesgos de padecer alguna enfermedad, en este caso la DM2; en el que se garantice el abordaje integral en el control y la carga de la ENT, con el fin de implementar metodologías preventivas y de manejo rentables ajustadas al sistema de salud. Así pues se aportó al llamado que se hace en el Plan Decenal de Salud Pública propuesto por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (44) y de la OMS (19) que sugieren crear estrategias para el control de la ENT.

Ante lo expuesto, así como para los pacientes con diabetes es importante mantener un control glicémico a través de la toma de diferentes muestras sanguíneas, para prevenir complicaciones microvasculares o macrovasculares relacionadas con la diabetes (21), los pacientes que no manifiestan francamente la enfermedad pero que tienen obesidad abdominal podrían tener los valores de glicemia en ayunas y HbA1c solamente con conocer sus valores de circunferencia de cintura y así prevenir la aparición futura de DM2. Esto es útil, ya que se utilizaría la CC no sólo como indicador de obesidad abdominal sino como indicador de los valores de glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada.

Por otro lado, respecto a su utilidad clínica, tener la CC como indicador del nivel estimado de glucosa en sangre, la hace una herramienta importante en la práctica clínica diaria, ya que es una medición práctica, fácil, accesible y de bajo costo, que permite a partir de los chequeos de control que las personas tengan el valor de su glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada, lo que conlleva a una anticipación del riesgo de enfermedad con valores específicos y no solo desde lo cualitativo, contribuyendo así de una manera más efectiva a la toma de conciencia y de medidas preventivas, lo que conlleva a largo plazo a

disminuir los costos en salud y a favorecer la calidad de vida de las personas en tanto se evite la presencia de una enfermedad como la DM2.

Este estudio también pretendió dar a conocer y actualizar el nivel de riesgo a través de tomas de laboratorio que son confiables y dan resultados válidos de los trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, para que institucionalmente se pueda brindar un correcto manejo a través de estrategias de promoción de la salud y prevención de la enfermedad de acuerdo con sus perfiles, y así mejorar el estado de salud y calidad de vida de los trabajadores. Al lograr estos dos últimos aspectos, se puede disminuir el ausentismo de los trabajadores por enfermedad, aumentando la productividad en horas laborales. Además, es un aporte a los trabajadores de la Universidad, ya que se da a conocer su perfil de riesgo, permitiendo crear conciencia de sus hábitos de vida y posibles cambios de estos.

La necesidad de la investigación estuvo dentro una línea de investigación del Departamento de Movimiento Corporal y cuyo tema tuvo consonancia con otros temas de investigación de la Facultad. Además, esta investigación respondió a necesidades encontradas en los trabajadores de la Universidad por lo cual fue hecha pensando en el bienestar de ellos y en poder proporcionarles información sobre su salud metabólica. Asimismo, buscó aportar al campo de desarrollo académico e investigativo dentro de la Universidad.

3.Marco Referencial

3.1 Marco Legal

La comunidad internacional ha reconocido el problema de las enfermedades crónicas y ha establecido la forma de combatirlas por medio de la Estrategia Mundial de la OMS para la Prevención y Control de las Enfermedades Crónicas (45), la Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud (46) y la Estrategia Regional para las Enfermedades Crónicas (47). La Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció la carga que representa la Diabetes al aprobar una resolución, en diciembre de 2006, en la cual escogía el Día Mundial de la Diabetes como el Día de las Naciones Unidas (48). Además, hace más de diez años, el Consejo Directivo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) adoptó la declaración de las Américas sobre la Diabetes (DOTA), un documento que exige acciones para prevenir y mejorar el tratamiento de la diabetes junto con la sociedad civil (48).

En Colombia, el Plan Decenal de Salud Pública 2012 – 2021 en la dimensión de vida saludable y condiciones no transmisibles, incluye una meta directa con la diabetes y es que en el 2021 se reducirá la mortalidad prematura por diabetes en el 25% de la población entre 30 a 70 años, esto ya que dentro de las prioridades nacionales en salud incluyen disminuir las enfermedades no transmisibles y las discapacidades, con especial énfasis en el diagnóstico temprano, la prevención y control (44). Así mismo, el Plan incluye metas para prevenir y controlar los factores de riesgo relacionados con hipertensión y diabetes como son: la alimentación no saludable, el consumo de cigarrillo, el consumo nocivo de alcohol, la inactividad física y el sobrepeso y la obesidad (44). Según el informe de gestión, entre 2012 – 2016 hubo una reducción del 3,2% en la tasa de mortalidad por Diabetes Mellitus, pasando de 15,4 a 14,9 respectivamente(49).

Existe un proyecto de ley de 2003 por el cual se establece la promoción, prevención y cuidado de la Diabetes Mellitus (50). El Acuerdo No. 117 del Consejo Nacional de Seguridad Social incluye la Diabetes como una de las enfermedades de interés en salud pública, debido a que tiene un alto impacto en la salud colectiva y que ameritan atención y seguimiento especial. El acuerdo obliga al ministerio a desarrollar estudios que permitan determinar las actividades, procedimientos e intervenciones para la atención de este tipo de enfermedades, así mismo solicita a otras entidades como EPS y ARL a desarrollar actividades de Protección Específica y Detección Temprana y priorizar la atención de otras enfermedades de interés en salud pública (50).

En cuanto a la Universidad Nacional de Colombia existe una normativa que busca el bienestar de toda su comunidad universitaria, que incluye el Acuerdo 007 de 2010, por el cual se determina y organiza el Sistema de Bienestar Universitario en la Universidad Nacional de Colombia, definiéndose como el conjunto de Actividades que se orientan al desarrollo físico, psico-afectivo, espiritual y social de los estudiantes, docentes y personal administrativo, mediante el cual se debe atender el área de salud, cultura, desarrollo humano, promoción socioeconómica, recreación y deportes (51). A partir de esto se reglamentan los programas del área de Actividad física y deporte, con el fin de estimular la práctica de actividades de carácter recreativo, formativo y competitivo, en el marco del desarrollo humano integral de la comunidad universitaria. Por lo cual, se ofrecen diferentes estrategias como vitalízate, torneos recreativos internos, cursos libres en actividad física y deportiva, y planes de acondicionamiento físico, para generar cambios de estilo de vida para quienes deseen participar. Según datos proporcionados por la Dirección de Bienestar de la Facultad de Medicina, la participación de los estudiantes se da en un 15% mientras que la de administrativos está por debajo del 5% y esto se relaciona con la carga laboral. Lo anterior da cuenta de la importancia de investigar en la población trabajadora de la Universidad Nacional de Colombia ya que este estudio proporcionaría una línea de base de la condición de salud cardiometabólica en esta población, que permita realizar a nivel institucional diferentes estrategias de promoción de la salud y prevención de la enfermedad de acuerdo con sus perfiles mejorando su calidad de vida.

3.2 Marco Teórico

3.2.1 Diabetes Mellitus

La Diabetes Mellitus (DM) se caracteriza por la presencia de hiperglicemia y se considera una de las enfermedades metabólicas más importantes en la actualidad debido a que, por su cronicidad, se asocia con deterioro en el tiempo, disfunción y falla de órganos, especialmente ojos, riñones, nervios, corazón y vasos sanguíneos (16,22,52). La DM se presenta por defectos en la secreción y/o en la acción de la insulina, por lo cual, se presentan diferentes formas de esta, dentro de las cuales, la tipo 2 (DM2) es la más prevalente y se identifica principalmente por la resistencia a la insulina, razón por la cual, el organismo es incapaz de utilizarla eficazmente. Además, los síntomas no son severos y por lo tanto en su primera etapa es asintomática, lo que conlleva a detectarse varios años después de su inicio, cuando aparecen las complicaciones (31).

La exposición crónica a glucosa en concentraciones elevadas induce a estrés oxidativo, lo que puede causar disfunción de las células β y la muerte de dichas células (21). La diabetes tipo II (DM2) es el resultado de una resistencia a la insulina crónica y una pérdida de la masa y de la función de las células β . Cuando las células β son incapaces de secretar cantidades adecuadas de insulina para compensar la sensibilidad disminuida a la misma, se crea la resistencia crónica la cual progresa a diabetes tipo II. Lo que conlleva a una disfunción secretora y a una pérdida significativa de células β funcionales (10,21).

Para un mejor entendimiento de la enfermedad y sus implicaciones, a continuación, se especificará el origen de esta, con el fin de comprender las causas de la enfermedad y dilucidar cómo a partir de la identificación temprana de la condición se previene la presencia de la enfermedad.

3.2.2 Origen de la Diabetes Mellitus

Existen diferentes causas que conllevan a la aparición de la DM2, entre estas se encuentran:

- **La resistencia a la insulina:** la cual se define como una disminución de la biodegradación de glucosa mediada por insulina y da cuenta de la disminución de la acción de la insulina a nivel celular, lo que produce alteraciones en el metabolismo de la glucosa, los lípidos y las proteínas. Frente a la presencia de resistencia a la insulina (RI) el páncreas aumenta la secreción de insulina produciendo un estado de hiperinsulinismo compensatorio (53). Puede ser fisiológica o patológica. En este último caso las causas pueden ser múltiples, incluyendo genéticas, ambientales y secundarias a fármacos o algunas patologías (53). Además, se ha evidenciado que la concentración plasmática de insulina en ayuno guarda relación precisa con la magnitud de la resistencia a la hormona en personas no diabéticas. En cuanto a la DM2, es precedida de hiperinsulinemia y tolerancia alterada a la glucosa (IGT). Así pues, la hiperinsulinemia que se presenta específicamente durante el ayuno constituye una alteración que refleja resistencia a esta hormona (2).

A nivel poblacional la RI está fuertemente asociada a la obesidad, especialmente de predominio abdominal, al sedentarismo y a dietas poco saludables (53). Muchos años antes de que haya indicios de tolerancia alterada de la glucosa, ya se presenta la insulinoresistencia y esta fase se puede considerar como el origen de la DM2. Es así como la resistencia a la insulina antecede a la intolerancia a la glucosa, que es un elemento que anticipa la aparición de la DM2 en muchas poblaciones (2).

Por su parte, la relación que presenta la insulinoresistencia con la grasa es debido a que durante un incremento de peso en el que se presentan valores elevados de

grasa abdominal, aumentan los valores de insulina plasmática en ayuno, de ácidos grasos libres y de glucosa, lo que puede disminuir aún más la acción de la insulina, lo que recibe el nombre de resistencia “metabólica” o secundaria a tal hormona. Esta resistencia aumentará en proporción al grado de alteración metabólica (2). Una vez instaurada la RI existe un aumento en la producción de citoquinas inflamatorias por parte del adipocito visceral (TNF- α , IL-6, PAI-1, resistina, angiotensinógeno) y una disminución de la adiponectina, la que tiene un rol insulinosensibilizante. En este caso la unión de la insulina a su receptor se mantiene conservada, observándose una alteración en la señal post-receptor por efecto de los mediadores inflamatorios mencionados (53).

Otra de las causas relacionadas con la aparición de DM2 es:

- **La tolerancia alterada a la glucosa:** Es una alteración del metabolismo de la glucosa la cual ha evidenciado que las personas con esta condición presentan mayores valores de insulina que los que se observan en individuos con tolerancia normal después del ayuno y de recibir una carga de glucosa. La evolución natural de la DM2 sigue un curso en el cual existen relaciones transversales entre los valores de insulina y la glicemia. El incremento en el valor de la insulina es una reacción compensadora del aumento de la resistencia intracelular. Lo que origina a su vez, pequeños aumentos en las concentraciones de glucosa circulante, y aumentos adicionales en los valores de insulina en ayuno y después de estimulación. A medida que empeore la resistencia a la insulina, la tolerancia a la glucosa disminuye hasta que finalmente surge una intolerancia franca (2).

Con lo anterior, de acuerdo con las dos condiciones expuestas anteriormente como causas de la DM2, se ha propuesto un modelo bifásico de la aparición de la DM2, que consta de dos fases:

- 1) Incluye el inicio y el empeoramiento de la resistencia a la insulina, hasta la fecha en la que se presenta la alteración en la tolerancia a la glucosa.

2) Se presenta cuando las células beta dejan de percibir los grados mayores de hiperglucemia y de reaccionar normalmente a ellos.

Además, una vez se presenta el daño funcional en las células beta, ocurre una mayor producción de glucosa por el hígado, que es el resultado directo de la insuficiencia de insulina, razón por la cual se presenta también la hiperglicemia en ayunas (2).

Existen pruebas de laboratorio en las que la Asociación Americana de Diabetes (ADA) recomienda para el diagnóstico de DM2: Glucosa basal, glucosa post prandial, tolerancia oral a la glucosa y hemoglobina glicosilada, que se basan en la determinación directa o indirecta de la cantidad de glucosa en sangre(21). En cuanto a rangos específicos para la clasificación de acuerdo con sus valores y como variables de estudio se tomarán en cuenta dos pruebas para esta investigación:

3.2.3 Criterios diagnósticos de la diabetes:

- **Glicemia en ayunas:** Es la medida de la concentración de glucosa libre en la sangre, suero o plasma sanguíneo. La glucosa es el carbohidrato más importante de la sangre periférica que, al oxidarse, constituye la mayor fuente de energía celular en el organismo. La glucosa proveniente de la alimentación se convierte en glucógeno para su almacenamiento en el hígado o ácidos grasos para ser almacenada en el tejido adiposo. El estrecho intervalo de concentración de la glucosa en sangre (glicemia) es controlado por numerosas hormonas, siendo las más importantes las sintetizadas en el páncreas (54).

Esta prueba permite obtener la cantidad de glucosa en la sangre, es tomada a primeras horas de la mañana con el paciente en ayunas, ya que en el transcurrir del día y con la ingesta de carbohidratos varían los valores de glucosa presente en

el organismo. Para una correcta estandarización generalmente el período de ayunas comprende entre 8 a 12 horas (54). La ADA recomienda los siguientes valores: ≥ 126 mg/dL diabetes, 100 – 125 mg/dL glicemia en ayuno alterado o hiperglicemia, < 100 mg/dL normal (21).

Existen metodologías en el mercado para la determinación de glucosa en el laboratorio, se clasifican de acuerdo a la propiedad que poseen como agente reductor de iones cúpricos (prueba de Benedict y Fehling) aplicados en orinas y LCR, esos hacen que se formen una base Schiff con aminas aromáticas que producirá un compuesto coloreado que será medido a una determinada longitud de onda (630nm), otras de las pruebas más usadas son las enzimáticas que hoy en día poseen los laboratorios (54).

En los métodos enzimáticos, se están empleando las enzimas glucosa oxidasa o hexocinasa. La primera enzima es muy específica para p-D-glucosa que se encuentra presente en la sangre y suero del paciente. Luego de reaccionar producirá peróxido de hidrógeno que a su vez oxidará el colorante presente en el reactivo que será proporcional a la cantidad de glucosa hallada en la muestra del paciente (Anexo D). La medición del color es medida mediante espectrofotometría, en esta metodología se encuentra interferencia con concentraciones altas de bilirrubinas, ácido ascórbico y ácido úrico, entre otras más (54).

La enzima hexocinasa es considerada dentro de las metodologías enzimáticas como la más exacta, esto es porque se tendrá la reacción de acoplamiento entre la deshidrogenasa de la glucosa-6-fosfato, está reacción al ser muy específica obtendrá menos interferencias en comparación con el método enzimático anterior. Producto de esta reacción se obtiene el NADPH, el cual es directamente proporcional a la glucosa hallada en la muestra, es por esto que es considerado como método de referencia (54).

En los laboratorios a nivel nacional, el método más utilizado es el de la glucosa oxidasa, por lo cual en este proyecto se evaluarán los resultados obtenidos en un equipo automatizado con esta metodología.

- **Hemoglobina glicosilada:** Es un criterio diagnóstico importante y permite hacer seguimiento y prevención de complicaciones de la diabetes mellitus II. Se considera la mejor prueba disponible para el control glicémico y se ha evidenciado una correlación entre las complicaciones a largo plazo con sus niveles elevados, ya que se asocia a hiperglicemia persistente, lo que conlleva a complicaciones microvasculares y macrovasculares (31). Esto es porque la HbA1c es el aducto estable entre el grupo amino de la hemoglobina y la glucosa, por ello, esta medición depende del período de vida del eritrocito que en promedio es de 120 días. La HbA1c se relaciona estructuralmente con la hemoglobina, pero con una molécula de glucosa adherida a la vaina terminal de la cadena β que refleja el promedio de glucosa durante los últimos 3 meses y depende de las concentraciones de glucosa y la duración de la exposición de los eritrocitos a la glucosa (31). La glucosilación es un proceso irreversible, no enzimático, que depende de las concentraciones de glucosa y de la duración de la exposición de los eritrocitos a la glucosa. Así pues, la hemoglobina glicosilada se forma continuamente sobre los 120 días del eritrocito, es por ello que la medida de esta hemoglobina refleja el promedio de glucosa durante los últimos 3 meses; además, mide el cociente de las glicemias en ayunas y posprandial (31).

Según la Asociación Americana de Diabetes los valores son: $\geq 6,5\%$ diabetes, $\geq 5,7 - 6,4\%$ prediabetes y $< 5,7\%$ Normal (21).

Se han señalado diversas metodologías analíticas para la determinación de HbA1c, las cuales se clasifican en dos formas: a) de acuerdo a la carga en la hemoglobinas glicosiladas y no glicosiladas y b) de acuerdo a la glucosilación entre el grupo amino terminal de la hemoglobina y la glucosa (cromatografía con afinidad, electroforesis e inmunoensayo) (54).

En este estudio se utilizó un equipo automatizado que usa la metodología basada en la glucosilación del grupo amino terminal y la glucosa, en la que se encuentra la cromatografía líquida de alto rendimiento con afinidad al boronato (HPLC con afinidad al boronato). En este método la muestra de sangre primero es hemolizada, luego bajo condiciones de presión y temperatura es inyectada a una columna de boronato. El equipo detecta entonces, las hemoglobinas glicosiladas enlazadas a la matriz del boronato y las no glicosiladas pasarán libremente hasta el detector espectrofotométrico.

La relevancia de la HbA1c se presenta al no requerir ayuno para su toma y ofrece un resultado estimado de la concentración de glucosa en el eritrocito de 120 días anteriores a la toma de la muestra, razón por la cual el paciente no necesita preparación previa. Es así como, actualmente se utiliza la HbA1c como método diagnóstico y como marcador de seguimiento, ya que, en condiciones normales, refleja la concentración de glucosa en sangre en un período de 2 a 3 meses anteriores al análisis (22). La HbA1c es un prueba reproducible que tiene una asociación establecida en estudios epidemiológicos y ensayos clínicos, con el riesgo de presentar complicaciones diabéticas a largo plazo, y ha sido usada como un criterio diagnóstico para diabetes después de una estandarización calificada (21,30).

Por otra parte, se reconoce que la DM2 tiene como factor de riesgo la obesidad abdominal, este tipo de obesidad es cuantificada a través de diferentes mediciones, entre ellas la circunferencia de cintura, la cual se desarrollará a continuación:

3.2.4 Grasa abdominal y circunferencia de cintura:

La practicidad de la aplicación de la circunferencia de cintura (CC), su asociación con factores de riesgo cardiovascular y la correlación fuerte con el área de grasa visceral medida por tomografía computarizada, del orden 0,73 a 0,81 (29), son características que

la volvieron el indicador de adiposidad abdominal más utilizado. Además, la evaluación de la CC está en las propuestas del European Group for the Study of Insulin Resistance, de la International Diabetes Federation y del National Cholesterol Education Program - NCEP-ATP III para el diagnóstico del síndrome de Resistencia a la Insulina (29).

Debido a la diferencia en la actividad metabólica de la grasa según su localización, el pronóstico y las complicaciones metabólicas tienen un comportamiento diferente según sea el caso, adquiriendo importancia clínica la subclasificación del trastorno. Es por esto que cobra importancia la valoración de la distribución de la grasa, especialmente la abdominal o visceral (2). Una medición sencilla de la distribución abdominal de la grasa es la circunferencia de cintura, que ha sido planteada como una herramienta fácil y útil de emplear en la práctica clínica para evaluar el riesgo cardiovascular de los pacientes con sobrepeso u obesidad, e implementar medidas terapéuticas o preventivas destinadas a disminuir este riesgo (55).

El punto de corte de la circunferencia abdominal que señala la presencia de obesidad abdominal y, por lo tanto, el incremento del riesgo cardiometabólico es diferente de un grupo étnico a otro; por eso, la Federación Internacional de Diabetes (IDF) señala puntos de corte diferentes para la población Europea, Americana, Japonesa, de Asia del Sur, y de otras poblaciones (56). Como antecedentes se tiene que en 1995, Han y cols (57) demostraron que valores de CC por encima de 80 para las mujeres y de 94 para los hombres representaban un riesgo aumentado, mientras que valores por encima de 88 cm para las mujeres y de 102 cm para los hombres indicaban riesgo muy aumentado de complicaciones metabólicas. Posteriormente, el NCEP-ATP III (58) adoptó los valores de 88 cm en mujeres y 102 cm en hombres para el diagnóstico de obesidad central. Así como se mencionó anteriormente, las poblaciones difieren entre sí de acuerdo con el nivel de riesgo presentado para una dada CC, siendo imposible la determinación de puntos de corte globalmente aplicables (29). En Colombia se han realizado estudios para establecer el punto de corte de la CC, entre ellos se encuentra la investigación realizada por Gallo, J y cols (41) en el que definió los punto de corte de CC, tanto para hombres como mujeres, que mejor discriminó la presencia de resistencia a la insulina, encontrando que los valores que brindan unas mejores características operativas para detectar resistencia la insulina son 92 cm para los hombres y 84 cm para las mujeres (41), los cuales fueron usados en

este estudio ya que no solo dan cuenta del exceso de tejido adiposo visceral sino de la presencia de resistencia a la insulina en población colombiana.

Hay diferentes descripciones para la medición de la CC, entre la más utilizada está el punto medio entre la cresta ilíaca y la última costilla, recomendado por la Organización Mundial de la salud (OMS) (29).

La circunferencia de cintura es el indicador antropométrico más confiable de obesidad abdominal o visceral, medible con una cinta métrica en cualquier consultorio de atención (59) y presenta bajo costo, inocuidad y simplicidad en su ejecución (29).

De acuerdo con lo anterior, es importante establecer la relación que se ha documentado específicamente entre la grasa abdominal y la diabetes. Lo cual se mencionará en el siguiente apartado.

3.2.5 Distribución de grasa corporal y su relación con Diabetes:

El tejido adiposo está conformado por adipocitos, células inflamatorias y tejidos vasculares, conectivos y neurales, los cuales se distribuyen por todo el cuerpo como grandes compartimentos discretos y homogéneos y como pequeñas cantidades de células que son adyacentes a otros tejidos. La mayoría del tejido adiposo (85% de la masa total del tejido adiposo) se encuentra debajo de la piel (grasa subcutánea) y una menor cantidad (15%) se encuentra dentro del abdomen (grasa intraabdominal) (26). En el caso de la DM2, el exceso de grasa abdominal es el factor asociado con mayor riesgo de padecerla (2). En esta condición, juega un papel importante la alteración funcional del tejido adiposo y no solo su acumulación, cuando el aumento de grasa corporal se debe principalmente a la hipertrofia y depósito visceral del tejido adiposo, las funciones normales de regulación metabólica de dicho tejido se modifican, provocando alteraciones en diversos órganos (60). La modificación de las funciones del tejido adiposo va acorde al aumento del tamaño del adipocito. En sujetos con peso normal, los adipocitos participan en la homeostasis metabólica principalmente en el balance energético, el metabolismo de los lípidos, la termorregulación y la función hormonal. Sin embargo, frente a la presencia de exceso de grasa se evidencia una hipertrofia del tejido adiposo y es esta hipertrofia la que se asocia

con resistencia a la insulina, lo que condiciona un incremento de la morbi-mortalidad de los individuos obesos con dichas características (60).

Así pues, la relación entre el exceso de tejido adiposo abdominal y la presencia de enfermedades metabólicas se ha demostrado debido a que este tejido tiene funciones fisiológicas importantes y que, al presentar un aumento, genera alteraciones que las desencadenan. Los mecanismos fisiopatológicos necesarios para que se presente dicha alteración son complejos e interactúan tanto factores genéticos como ambientales (60–63).

El aumento del tejido adiposo por sí solo no es suficiente para alterar la función metabólica del individuo; es necesario que este se deposite visceralmente y que su incremento se lleve a cabo principalmente por hipertrofia. Así que inicialmente existe una hipertrofia del adipocito para almacenar el exceso de energía, esto sirve de estímulo para iniciar la adipogénesis y la hiperplasia para mantener la función normal del tejido adiposo. Cuando se presenta un crecimiento excesivo del tejido adiposo además del balance energético positivo permanente, hay como consecuencia una sobrecarga metabólica de los mecanismos intracelulares y extracelulares del adipocito, volviéndolos incapaces de cumplir con las demandas metabólicas (60).

También la hipertrofia de los adipocitos está asociada a la DM2, a la resistencia a la insulina, al aumento de los factores inflamatorios en sangre y la disminución de factores antiinflamatorios (60). El mecanismo mediante el cual el exceso de grasa puede desencadenar en DM2 no es claro, existen diferentes hipótesis que pueden explicar esta relación. Una de ellas es que la cantidad de triglicéridos en los depósitos depende del balance entre la lipogénesis y la lipólisis, por lo que los ácidos grasos libres usados para la lipogénesis en los adipocitos se generan por la degradación de triglicéridos en partículas lipoproteínicas del plasma, en este proceso, la enzima fundamental que lo regula es la lipoproteinlipasa (LPL) (2). En el tejido adiposo, la actividad de esta enzima es estimulada por la insulina, quien también estimula la reesterificación celular de los ácidos grasos libres (2). En personas con obesidad abdominal se ha observado que la actividad de la LPL de tejido adiposo es de dos a tres veces mayor que en personas sin esta condición (32). Así pues, estas anomalías en el metabolismo de lípidos alteran el metabolismo de la glucosa lo que vincula la grasa abdominal con la DM2 (2,32).

Otra hipótesis, es por la presencia de resistencia a la insulina, la cual se caracteriza por una menor respuesta de los tejidos insulino-dependientes. Dado que la grasa intraabdominal y subcutánea tienen comportamientos metabólicos diferentes, se sabe que, con respecto a la primera, existe una mayor actividad lipolítica, lo que aumenta la liberación de ácidos grasos libres desde los depósitos grasos abdominales, y esto hace que los ácidos grasos libres lleguen directamente al hígado por la vena porta, lo que acelera la síntesis de lipoproteínas, apresura el recambio de ácidos grasos libres y lipoproteínas y conlleva a una enorme aceleración del ritmo al que llegan las grasas a células endoteliales, músculos de fibra estriada e hígado, contribuyendo en gran medida a la inducción de resistencia a la insulina en personas con exceso de grasa abdominal y por lo tanto, su relación con la DM2 (2,32). Asimismo, se ha observado no solo la presencia de resistencia a la insulina en pacientes con grasa abdominal aumentada sino también hiperinsulinemia, la cual está relacionada con un alto contenido de triglicéridos en los islotes pancreáticos, además los ácidos grasos estimulan la captación de *bromodesoxiuridina* por la célula β , lo que equivale a la hiperplasia y aumenta la producción de insulina. Por lo tanto, es probable que tanto la insulinoresistencia como la hiperinsulinemia relacionadas con el aumento de la grasa corporal sean consecuencia de un alto contenido de triglicéridos en los tejidos no adiposos, en este caso, los islotes de Langerhans (2).

Así pues, la activación de factores nucleares que desencadenan inflamación, la producción excesiva de radicales libres, la falla en la capacidad de oxidación mitocondrial y de la producción de ATP, así como al daño al retículo endoplasmáticos intracelular en el adipocito, hígado, músculo y páncreas, provocado tanto por los niveles circulantes plasmáticos de ácidos grasos como por las citocinas derivadas del tejido adiposo y el acúmulo ectópico de lípidos en dichos órganos, condicionan alteraciones en la señalización de la insulina y la consecuente resistencia a su acción. Debido al incremento en la producción de glucosa por el hígado, el páncreas inicialmente se estimula ante la hiperglucemia para secretar mayores cantidades de insulina (generando hiperinsulinemia); sin embargo, a largo plazo (en individuos susceptibles) este estado de estrés oxidativo crónico e inflamación provoca deficiencia en la producción de insulina en las células pancreáticas con apoptosis de estas condicionando la aparición de DM2 (60).

Por otra parte, la hipersecreción de insulina es un signo temprano detectado en personas con grasa abdominal aumentada que no presentan diabetes, lo que da a entender que este fenómeno es necesario para compensar la resistencia metabólica a la insulina que resulta de la alta cantidad de grasa y del consumo excesivo de alimento (2). Esto se ha comprobado, ya que los datos obtenidos de animales resistentes a la insulina han indicado que se aumenta la expresión del gen para el transportador de glucosa GLUT-2 y el gen de la glucocinasa, lo cual pudiera explicar por qué surge en algunos casos la hiperinsulinemia, a pesar de presentar cifras normales o casi normales de glucosa en plasma (2). De igual manera, en la diabetes franca de personas con grasa abdominal aumentada, la resistencia a la insulina en tejidos periféricos es compensada por hiperglicemia. En esta compensación puede intervenir una mayor gluconeogénesis por el hígado o la hiperinsulinemia. Estas anomalías metabólicas, además de inducir hiperglicemia, también ocasionan dislipidemia (cifras mayores de LDL y menores de HDL), y 50 a 75% de estos sujetos terminan por presentar hipertensión arterial (2).

El exceso de tejido adiposo es resistente a la insulina, lo que provoca un incremento de la concentración de insulina en sangre que a largo plazo conduce a una disfunción de las células β del páncreas y la futura aparición de DM2. Esto explica la relación de la cantidad de grasa abdominal con la presencia de DM2 (64). Así pues, el tejido adiposo visceral acentúa un estado proinflamatorio y protrombótico que también incrementa el riesgo cardiovascular. Estos adipocitos secretan grandes cantidades de citoquinas proinflamatorias como la interleuquina 6 (IL-6) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), que desarrollan un estado inflamatorio crónico de baja intensidad, responsable en parte, de la aterosclerosis acelerada y el surgimiento de DM2 en los pacientes afectados (64). En general a mayor CC mayor es el nivel de marcadores inflamatorios y de estrés oxidativo tanto en hombres como en mujeres (60).

Es así como la comprensión de la fisiopatología de la alteración funcional del tejido adiposo y su relación con enfermedades metabólicas, entre ellas, la DM2, generó la base

fundamental para la creación de este proyecto, ya que se buscó obtener un diagnóstico temprano de la DM2 y de esta manera establecer tratamientos que eviten la evolución crónica hacia enfermedades antes mencionadas.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general: Determinar la relación entre la circunferencia de cintura con la glicemia en ayunas y la hemoglobina glicosilada en trabajadores entre 20 a 60 años de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

4.2 Objetivos específicos:

4.2.1 Caracterizar los niveles de circunferencia de cintura, hemoglobina glicosilada y glicemia en ayunas de los participantes del presente estudio.

4.2.2 Estimar valores de glicemia en ayunas a partir de la circunferencia de cintura en trabajadores entre 20 a 60 años de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

4.2.3 Estimar valores de hemoglobina glicosilada a partir de la circunferencia de cintura en trabajadores entre 20 a 60 años de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

5. Metodología

5.1 Enfoque de la investigación

Este fue un estudio descriptivo de corte transversal con enfoque cuantitativo de investigación con un diseño de corte transversal analítico.

5.2 Población

La población de estudio estuvo constituida por trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, que se obtuvo a través de convocatoria pública (por medio de afiches, búsqueda en lugares de trabajo y oficinas y correos institucionales) por lo cual fue un muestreo no probabilístico intencional por conveniencia. Estos cumplieron con los siguientes criterios de inclusión:

- **Criterios de inclusión:** Hombres y mujeres potencialmente sanos con edades entre 20 a 60 años trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia.
- **Criterios de exclusión:** Personas con laparotomía reciente (≤ 8 días), ascitis, embarazo, cáncer metastático a cavidad abdominal, peritonitis, falla cardiaca (III – IV NYHA), masas intraabdominales, uso de marcapasos, visceromegalias, abscesos peritoneales, neumoperitoneo, obstrucción intestinal, megacolon tóxico y otras causas de distensión de asas, procedimientos invasivos a nivel abdominal (catéteres, etc.) o radioterapia. Personas con diabetes ya diagnosticada. Personas con condiciones de salud que afecten la participación en este estudio, tales como enfermedades comunes que pueden presentarse tales como cefaleas o resfriados comunes que impiden al trabajador asistir a la toma de mediciones y quienes voluntariamente durante la realización de este decidan retirarse o no cumplan con alguno de los protocolos de medición establecidos.

- **Área de estudio:** La Universidad Nacional de Colombia fue creada en 1867 a través de la expedición de la Ley 66 del Congreso de la República, como un ente universitario con total autonomía académica e independencia sobre sus programas de estudio, investigativos y de extensión, vinculado al Ministerio de Educación Nacional, con régimen especial, de carácter público y perteneciente al Estado (65). Tiene un carácter nacional y contribuye a la identidad de la nación por su diversidad; razón por la cual está constituida por nueve sedes ubicadas en: Amazonía, Caribe, Bogotá, Manizales, Medellín, Orinoquia, Palmira, Tumaco y De La Paz. Se considera la principal Universidad nacional, pública y de investigación del país y su presencia nacional no se limita a la presencia física, sino que también se da a través de proyectos, cursos investigación y extensión de sus egresados (66).

Su campus insignia, la Ciudad Universitaria de Bogotá, ubicada en la localidad de Teusaquillo en Bogotá es el más grande del país y cuenta con 17 edificios declarados monumento nacional (65). Esta Universidad se caracteriza por fomentar el acceso con equidad al sistema educativo colombiano, teniendo como misión: formar profesionales competentes y socialmente responsables al fomentar el estudio y enriquecimiento del patrimonio cultural, natural y ambiental del país (65).

Al proveer la mayor oferta académica del país y constituir un referente clave para el resto de las universidades a nivel Nacional, se implementa este estudio con los trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá; todo esto mediante una herramienta de evaluación de fácil, rápida y económica aplicación en la práctica clínica e incluso en el ambiente laboral, lo que podría contribuir a futuras investigaciones que pretendan medir el impacto de intervenciones en la modificación de hábitos de vida, por ejemplo. Facilitando la participación de los sujetos y favoreciendo a mediano y largo plazo el perfil epidemiológico institucional y/o local.

5.3 Variables

Como variables dependientes se consideraron:

- Hemoglobina glicosilada que es una heteroproteína de la sangre que resulta de la unión de la hemoglobina (Hb) con glúcidos unidos a cadenas carbonadas con funciones ácidas en el carbono 3 y el 4, se tomó como una variable cuantitativa de razón con una unidad de medida en porcentaje.

Para la clasificación de riesgo de diabetes, se tuvieron en cuenta los valores de hemoglobina glicosilada acorde a las recomendaciones de la Asociación Americana de Diabetes (21):

- Diabetes ($\geq 6,5\%$)
- Prediabetes ($\geq 5,7 - 6,4\%$)
- Normal ($< 5,6\%$)

- Glicemia en ayunas que es un examen de laboratorio que mide la cantidad de azúcar en sangre cuando la persona está en ayunas, se midió como una variable cuantitativa de razón con unidad de medida dada en mg/dL.

Para la clasificación de riesgo de diabetes a partir de los valores de glicemia en ayunas según la Sociedad de Diabetes de los Estados Unidos de Norteamérica (ADA) se toma (21):

- Glicemia en ayuno alterado: 100 – 125 mg/dL
- Diagnóstico de diabetes: > 126 mg/dL

Como variables independientes se consideraron:

- Circunferencia de cintura que es un índice antropométrico que mide la concentración de grasa en la zona abdominal tomada como una variable cuantitativa de razón medida en centímetros (cm). Esta variable tiene puntos de corte que representa obesidad abdominal diferenciado por sexo (41):

- Mujeres: > 84 cm
- Hombres: > 92 cm

- Edad que es el tiempo transcurrido desde la fecha de nacimiento como una variable cuantitativa de razón medida en el número entero de edad en años.
- Sexo que es la totalidad de características de las estructuras reproductivas, funciones, fenotipo y genotipo, que diferencian a los organismos femeninos y masculinos como una variable cualitativa nominal.
- Peso que es la cantidad de masa que alberga el cuerpo de una persona como una variable cuantitativa de razón medida en kilogramos.
- Talla que es el tamaño de un individuo medido desde los talones hasta el vértice de la cabeza como una variable cuantitativa de razón medida en centímetros.
- IMC que es el indicador antropométrico que indica la relación del peso con respecto a la talla como una variable cuantitativa de razón medida en Kg/m^2 .

La operacionalización de las variables se encuentra en la tabla 1.

Tabla 1. Operacionalización de las variables

# variable	Nombre	Definición operacional	Naturaleza	Tipo	Nivel de medición	Unidad de medida
1	Edad	Tiempo transcurrido desde la fecha de nacimiento	Cuantitativa	Independiente	De razón	Número entero, edad en años
2	Sexo	Totalidad de características de las estructuras reproductivas, funciones, fenotipo y genotipo, que diferencian a los organismos femeninos y masculinos	Cualitativa	Independiente	Nominal	N/A
3	Peso	Cantidad de masa que alberga el cuerpo de una persona	Cuantitativa	Independiente	De razón	Kg
4	Talla	Tamaño de un individuo medido desde los talones hasta el vértice de la cabeza	Cuantitativa	Independiente	De razón	Cm
5	IMC	Indicador antropométrico que indica la relación del peso con respecto a la talla	Cuantitativa	Independiente	De razón	Kg/m ²
6	Circunferencia de cintura	Es un índice antropométrico que mide la concentración de grasa en la zona abdominal	Cuantitativa	Independiente	De razón	Cm

Relación De La Circunferencia De Cintura Con Los Criterios Diagnósticos De
Diabetes En Trabajadores Universitarios

7	Glicemia en ayunas	Examen de laboratorio que mide la cantidad de azúcar en sangre cuando la persona está en ayunas	Cuantitativa	Dependiente	De razón	mg/dl
8	Hemoglobina glicosilada	Heteroproteína de la <u>sangre</u> que resulta de la unión de la <u>hemoglobina</u> (Hb) con <u>glúcidos</u> unidos a cadenas carbonadas con funciones ácidas en el carbono 3 y el 4.	Cuantitativa	Dependiente	De razón	%

5.4 Proceso de obtención de la información

Previo a las evaluaciones, los trabajadores fueron informados del objetivo del estudio, se aclararon dudas para la posterior firma del consentimiento informado. Luego, en una cita acordada conjuntamente, se realizaron las mediciones antropométricas por lo que una vez ingresó el participante al laboratorio o consultorio de evaluaciones, se le pidió retirar calzado y la mayor cantidad de ropa posible. Inicialmente se diligenció la ficha de datos sociodemográficos en el que se tuvo en cuenta el nivel profesional y el departamento en al que pertenecía el trabajador, asimismo se llenó la encuesta IPAQ para conocer el nivel de actividad física de los participantes, luego se procedió a tomar la talla a través de un tallímetro convencional y la circunferencia de cintura con una cinta métrica inextensible usando el protocolo sugerido por la OMS. Después, se pesó a la persona con el equipo InBody® 770 (ver anexo B).

Para la toma de laboratorios (ver anexo D), los participantes asistieron en estado de ayuno ≥ 8 horas. La muestra bioquímica fue tomada por personal especializado en laboratorios clínicos y fueron procesadas mediante pruebas enzimáticas colorimétricas para la glucosa utilizando el equipo de tecnología ROCHE Cobas 8000®.

5.5 Estrategia de control de errores y sesgos

Para prevenir el sesgo de información, se tuvo en cuenta el protocolo propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la toma de la circunferencia de cintura (ver anexo C). Asimismo, la hemoglobina glicosilada y glicemia en ayunas se tomaron en laboratorios que contaron con equipos especializados para su procesamiento (ver anexo D). Otra estrategia para disminuir el riesgo de sesgo de información fue una capacitación previa realizada por el equipo encargado de realizar las mediciones para garantizar la confiabilidad de la medida. Para el control del sesgo de selección, únicamente hicieron parte de la investigación aquellos trabajadores que cumplieron con los criterios de inclusión

se excluyeron a aquellos participantes que no cumplieron con los protocolos de medición o voluntariamente se retiraron del estudio.

5.6 Regresión lineal

Para empezar, es importante tener en cuenta que la correlación sirve para medir la asociación o relación mutua entre dos variables cuantitativas. La magnitud y sentido de esa relación se expresa con un número, que es el coeficiente de correlación. En cambio, la regresión sirve para detallar más, pues está dirigida a describir de una manera más completa cómo es la relación entre ambas variables, de tal manera que inclusive se puede predecir (siempre con cierto margen de error) cuál va a ser el valor de una variable, una vez que se sabe el valor de la otra (67). Esta predicción puede ser bastante imprecisa si la asociación entre ambas variables es débil, pero cuando la asociación es fuerte, entonces la regresión ofrece un modelo estadístico que puede alcanzar finalidades predictivas. La regresión supone que hay una variable fija, controlada por el investigador (es la variable independiente o predictora), y otra variable que no está controlada (variable de respuesta o dependiente). La correlación en cambio supone que ninguna era fija: las dos variables estaban fuera del control del investigador (67).

La regresión en su forma más sencilla se llama regresión lineal simple, se trata de una técnica estadística que analiza la relación entre dos variables cuantitativas, tratando de verificar si dicha relación es lineal y si una variable cumple una función predictora y la otra es la predicha. En esto se diferencia de la correlación, pues en la regresión no se considera que las dos variables tengan un papel simétrico. En la regresión, las dos variables tienen una función diferente, por lo que siempre habrá una variable respuesta (variable dependiente), mientras que a la otra se la considera de exposición (variable independiente). La variable dependiente ocupa siempre el eje de ordenadas (eje vertical o eje "Y"), mientras que la variable independiente ocupa el eje de las abscisas (eje horizontal o eje "X". Esta variable independiente suele ser un factor previamente determinado, o con una característica más fácil de medir que la que se pretende explicar a partir de ella (67).

La correlación y la regresión tienen distintas finalidades y no siempre que está indicada una lo está la otra, pero pueden confundirse erróneamente ambas técnicas ya que en las salidas de los programas de ordenador suelen aparecer mezcladas. Conceptualmente, la correlación está dirigida a medir el grado o fuerza de la asociación entre dos variables cuantitativas, en cambio, en la regresión se busca definir la línea que mejor se ajusta a los puntos (x,y) para así conseguir la mejor predicción de “y” a partir de “x” (67).

Este modelo, además tiene en cuenta que el efecto buscado está afectado por un cierto grado de variabilidad aleatoria (ruido o “error”) y por un cierto grado de ajuste inadecuado de los datos a la función que define el modelo. Así pues, se tiene en cuenta también la relación entre un “efecto” y un “error”. Esto muestra gráficamente como existe un grado de dispersión en torno a la imaginaria línea recta perfecta. Estos errores también son llamados residuos, que son la cantidad variable que habría que sumar o restar a la predicción que hace el modelo para que coincida exactamente con lo observado en cada sujeto. Para cada dato existirá un valor predicho de la variable a evaluar, a ese valor hay que sumarle o restarle además una cantidad de errores o “residuos” para que coincida exactamente con los valores de la variable observada (67).

Se usa entonces la regresión para hacer la predicción de una variable dependiente a partir de la variable independiente, el objetivo será trazar la línea recta que mejor se ajuste a los puntos. Esa recta hace una predicción de qué valores irá tomando “y” en función de “x”. Con esto se busca que la recta resuma relativamente bien los puntos, pero casi ninguno de los puntos estará exactamente sobre ella. Por otra parte, la distancia entre cada punto y la recta de regresión es el residual para cada punto, esta distancia expresa el “ruido” o error aleatorio que existe en el modelo.

Es así como, la regresión concluye en una prueba F que expresa cuántas veces es mayor la varianza explicada que la no explicada por el modelo, esta prueba está expresada por unos subíndices que indican el grado de libertad en el numerador y el denominador. Por

ejemplo, $F_{1,3} = 11,8$ indica que tiene un grado de libertad en el numerador y tres en el denominador. El valor p de significación estadística que corresponde al 11,8 se puede encontrar en las tablas o con Excel donde $=\text{DISTR.F}(11,8;1;3)$ da como resultado $p = 0,041$, indicando que sí existe una asociación estadísticamente significativa entre “x” y “y”, es decir, existe regresión de “y” sobre “x” (67).

Coeficiente de determinación (R^2):

Es un concepto muy importante en regresión ya que compara lo explicado por la regresión con la variabilidad total de “y”. Se interpreta como el porcentaje de la variabilidad total de la variable dependiente que es explicada por la variable independiente. Los posibles valores de R^2 van desde 1, que es el máximo (la recta daría una explicación perfecta, lo que supone que los valores de “y” están totalmente determinados por “x”) a 0 que es el mínimo (la recta no explica nada, no existe asociación entre “x” y “y”). Por lo tanto, cuanto más próximo a 1 sea R^2 , mayor es la fuerza de asociación entre ambas variables (67).

Supuestos del modelo de regresión:

Los supuestos que deben asumirse para poder realizar una regresión lineal son:

- *Normalidad de la distribución condicional de la variable “y” (variable dependiente):* Se refiere no solo a que la variable “y” siga una distribución normal, sino que, además, para cada valor de “x”, la distribución de posibles valores de “y” también siga una normal.
- *Linealidad:* Que exista una relación lineal subyacente entre la variable “x” y las medias de la variable “y” condicionadas a cada valor de “x”. Se asume que esta relación existe en la población de la que procede la muestra.

- *Homogeneidad de varianzas (“homocedasticidad”)*: que las varianzas de la distribución de “y” condicionadas a cada valor de “x” sean homogéneas.
- *Independencia de las observaciones y:* (o no autocorrelación de los residuos) Cada observación de la variable “y” debe ser independiente de las demás, se comprueba cuando los residuos tienen una distribución normal.

5.7 Análisis de datos

Para las variables cualitativas tales como sexo, clasificación de circunferencia de cintura, clasificación de glicemia en ayunas y la clasificación de diabetes se reportaron frecuencias absolutas y relativas. Para determinar las diferencias entre grupos se usó el estadístico T de Student. Para determinar la relación matemática entre las variables se realizó una regresión lineal mediante la cual se buscó describir la relación matemática existente entre la circunferencia de cintura con la glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada de tal manera que se predijo el valor de glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada una vez se conocieron los valores de circunferencia de cintura, en esta relación se trató de verificar si se ajustó a un modelo lineal o exponencial y si la circunferencia de cintura cumplía una función predictora y la glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada fueron las predichas. Así pues, para estimar las relaciones entre las variables independientes (circunferencia de cintura) y dependientes (hemoglobina glicosilada y glicemia en ayunas) se procedió a realizar estimaciones curvilíneas con el objetivo de seleccionar el mejor modelo de regresión que se ajustó y así poder realizar la regresión correspondiente, teniendo en cuenta que esta es una función matemática que da cuenta de la relación existente entre una variable dependiente y una independiente y que para determinar cuál se ajusta entre la lineal, logarítmica, potencial o exponencial, además, para determinar la relación entre las variables se debió cumplir con los siguientes requisitos: 1) homocedasticidad de los residuos y 2) no debió existir autocorrelación de los residuos (a través del estadístico

Durbin y Watson). Solo se tuvieron en cuenta para el modelo de regresión aquellas variables independientes que mostraran un ajuste y una significancia. Asimismo, se tuvo en cuenta el coeficiente de determinación (r^2) que es el estadístico que determina cuánto de una variable está explicada a partir de la otra. Finalmente, se obtuvo una ecuación que explicó la estimación de los valores de hemoglobina glicosilada y glicemia en ayunas a partir de la circunferencia de cintura.

5.8 Consideraciones éticas

Este trabajo recibió aprobación del Comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia mediante el acta de evaluación N°. 019-225.

Este estudio se fundamentó en los aspectos definidos en la Resolución 008430 de 1993 teniendo en cuenta el artículo 10 donde se especifica que *"el grupo de investigadores o el investigador principal deberán identificar el tipo o tipos de riesgo a que estarán expuestos los sujetos de investigación"* (Ministerio de Salud, 1993, p. 2). En este sentido, el estudio se clasificó en una *"investigación con riesgo mínimo donde se emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios"* (Ministerio de Salud, 1993, p. 3), en la cual aunque se usaron métodos invasivos como extracción de sangre por punción venosa, dicha extracción fue realizada en personas en aparente buen estado de salud, con el consentimiento informado debido, por personal calificado para realizar este procedimiento y con una cantidad no mayor a 450 ml en la extracción. Además de la toma de mediciones antropométricas, también a cargo de profesionales capacitados en el tema. Todas las acciones formuladas en el proyecto estuvieron encaminadas al desarrollo de estrategias para la prevención y control de un problema de salud correspondiente al riesgo cardiometabólico en la población estudiada, siempre velando por la protección de la dignidad, derechos y el bienestar de éstos.

Igualmente se rigió por las Pautas Éticas Internacionales para la Investigación Biomédica

en Seres Humanos del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (CIOMS - OMS, 2002); y los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013) que regularon la confidencialidad de los sujetos ya que los resultados de la investigación mostró números y no reveló nombres propios. En concordancia con esto, se pretendió seguir los lineamientos de las Buenas prácticas clínicas consignadas en la Resolución No. 2378 de 2008.

Las intervenciones planteadas en el estudio incluyeron una primera fase de aplicación de pruebas (consulta de datos personales y de contacto, y mediciones antropométricas) con la previa aplicación de un consentimiento informado, todos ellos entregados en formato real a cada uno de los participantes. Adicionalmente con el análisis de los datos obtenidos, se recolectaron los datos de pruebas de laboratorio específicas y en los casos donde no hubo disponibilidad de datos, se procedió a la toma de muestras de sangre para conocer glicemia en ayunas y Hb glicosilada, con la posterior transmisión de unas recomendaciones para contribuir en mejoras de su estado de salud. Estas pruebas sólo fueron tomadas previa firma de consentimiento informado por parte del participante.

El consentimiento informado diseñado cumplió con los requerimientos exigidos por la resolución 8430 en el *capítulo 1 de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos, título II de la investigación en seres humanos, artículo 6*, donde se especifica la necesidad de informar los riesgos de la intervención, adicionalmente cumple con lo que dicta el *artículo 15* del mismo documento que *especifica el contenido necesario en el consentimiento (Anexo A)*; este contuvo la justificación de la investigación que tuvo como finalidad conocer el riesgo cardiovascular en la población participante y su relación con ciertas variables no tan estudiadas, como lo son la circunferencia de cintura y los criterios diagnósticos de diabetes para el desarrollo de estrategias en pro de la mejora del estado de salud de esta población.

A los participantes les fue especificada la libertad de retiro cuando entre en consideración, junto con la seguridad de no identificación protegiendo la privacidad del individuo; para dar cumplimiento al *artículo 8* los resultados de la investigación no fueron proporcionados con nombres personales; de igual forma se certificó la confidencialidad y acceso a la

información. Además, los participantes conocerán los resultados de las variables que se les medirán y el tratamiento de su información se hará bajo estricta confidencialidad según la Ley Habeas data, Ley estatutaria 1581 de 2012 por la cual se dictan disposiciones generales para la protección y tratamiento de datos personales.

Adicionalmente la resolución planteó la necesidad de *ser realizado el proceso investigativo por parte de profesionales con conocimiento y experiencia bajo la responsabilidad de una entidad*, para lo cual, en la toma de exámenes de laboratorio las entidades UNISALUD e IDIME S.A contaron con personal idóneo para la realización de los procedimientos.

La investigación estuvo a cargo de la docente *MARY LUZ OCAMPO PLAZAS* quien es fisioterapeuta y tiene conocimientos acordes con la necesidad de la investigación; y la maestrante *LAURA MILENA SÁNCHEZ OBANDO* quien es fisioterapeuta y tiene conocimientos acordes con la necesidad de la investigación, asumieron el desarrollo de esta y fueron las encargadas de definir los perfiles y seleccionar al personal involucrado en la investigación, además de vigilar los procesos realizados por los mismos, lo cual mitiga el riesgo de no contar con un perfil profesional idóneo para la investigación.

Para dar cumplimiento a lo que dicta la norma en el *artículo 12* en caso de advertir riesgo o daño para la salud de los sujetos, el investigador principal en uso total de sus facultades mentales pudo suspender de inmediato el proceso investigativo, y los participantes tuvieron claridad como se mencionó anteriormente de la posibilidad de abandono de manera inmediata y voluntaria la investigación cuando así lo consideren necesario.

6. Resultados

A continuación, se presentarán los resultados del estudio, mostrando en primer lugar la caracterización de la población objetivo, la clasificación de diabetes de acuerdo con la hemoglobina glicosilada y la glicemia en ayunas. Por último, se mostrarán los modelos estadísticos utilizados para la estimación de los valores de glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada a partir de los valores de circunferencia de cintura.

6.1 Caracterización de la población de estudio

Del total de participantes de la muestra (n=100) de trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, presentaron un promedio de edad del $41 \pm 10,8$ años, el 65% correspondían a mujeres. El 40% de las mujeres reportó un nivel de actividad física bajo y el 54,3% de los hombres reportó un nivel alto según el cuestionario IPAQ. Adicionalmente, los hombres presentaron valores promedios más altos de circunferencia de cintura (95,48 cm), glicemia en ayunas (1001,1 mg/dL) y hemoglobina glicosilada (5,9%). En la tabla 2 se pueden ver las características de los participantes.

Tabla 2. Características de los participantes n=100

Variables	Hombre		Mujer		Valor de p
	Media	D.E.	Media	D.E.	
Edad (años)	44.03	11.05	42.03	11.07	0,39
Peso (kg)*	78.21	9.50	63.67	11.32	<0,01
Talla (cm)*	168.26	5.71	156.95	6.47	<0,01

IMC (kg/m ²) *	27.60	2.82	25.82	4.21	0,02
Circunferencia cintura (cm)*	95.48	8.82	82.94	9.65	<0,01
Glicemia en* ayunas	1001.1	41.42	86.16	14.53	0,01
Hemoglobina* glicosilada	5.9	1.49	5.5	0.42	0,05

*Se encontraron diferencias significativas en las medias entre hombres y mujeres ($p < 0,05$).
D.E Desviación estándar

La descripción de la presencia de riesgo estratificado por edades se presenta en la tabla 3. Los trabajadores entre 51 a 60 años presentaron los valores más altos en circunferencia de cintura (74,2%), hemoglobina glicosilada (48,4% indican prediabetes) y glicemia en ayunas (45,2% presentan glicemia alterada).

Tabla 3. Tabla descriptiva de las variables del estudio por edades

N°	20 - 30		31-40		41-50		51-60		TOTAL
	18	23	28	31	100				
CC	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	
Alta	12	66,7	10	43,5	10	35,8	23	74,2	55
Normal	6	33,3	13	56,5	18	64,2	8	25,8	45
HbA1c									
Diabetes	0	0	1	4,3	1	3,6	2	6,4	4
Prediabetes	0	0	1	4,3	5	17,8	15	48,4	21
Normal	18	100	21	91,4	22	78,6	14	45,2	75
Glicemia en ayunas									
Diabetes	0	0	1	4,3	0	0	2	6,4	3
Glicemia alterada	0	0	2	8,7	7	25	14	45,2	23
Normal	18	100	20	87	21	75	15	48,4	74

Por su parte, en la estratificación de riesgo por sexo se encontró que el 65,7% de los hombres y el 40% de las mujeres tiene circunferencia de cintura alta. En cuanto a glicemia, el 40% de los hombres y el 18,5% de las mujeres tuvieron la glicemia alta (*Tabla 4*).

Tabla 4. Valores de circunferencia de cintura y glicemia en ayunas

		SEXO							
		Hombre				Mujer			
		FA	FR	Media	D.E	FA	FR	Media	D.E
Circunferencia de Cintura	Normal	12	34.3%	85.89	4.92	39	60.0%	76.72	5.52
	Alta	23	65.7%	100.49	5.65	26	40.0%	92.28	6.40
Glicemia en ayunas	Normal	21	60.0%	83.58	9.82	53	81.5%	81.73	12.13
	Alta	14	40.0%	127.39	55.68	12	18.5%	105.75	4.47

Con respecto a la clasificación de diabetes de acuerdo con los valores de hemoglobina glicosilada se encontró que hay una mayor presencia de prediabetes en las mujeres (20%) y diabetes en los hombres con un 3% (*Tabla 5*). La mayoría de los participantes se encuentra dentro de los rangos normales.

Tabla 5. Clasificación de riesgo de Diabetes de acuerdo con los valores de la hemoglobina.

Clasificación diabetes	Hombres				Mujeres			
	FA	FR	Media	D.E	FA	FR	Media	D.E
Normal	24	68.6	5.46	0.16	51	78.5	5.35	0.25
Prediabetes	8	22.9	5.95	0.13	13	20	5.95	0.12
Diabetes	3	8.6	9.20	4.33	1	1.5	7.6	
Total	35	100			65	100		

- **Estimaciones curvilíneas**

Para determinar las relaciones entre las variables se procedió a realizar estimaciones curvilíneas con el objeto de seleccionar el mejor modelo que se ajustó para determinar la relación entre la circunferencia de cintura y la glicemia en ayunas.

6.2 Circunferencia de cintura y glicemia en ayunas

Un primer modelo estimó la relación entre el valor de glicemia en ayunas a partir de la circunferencia de cintura.

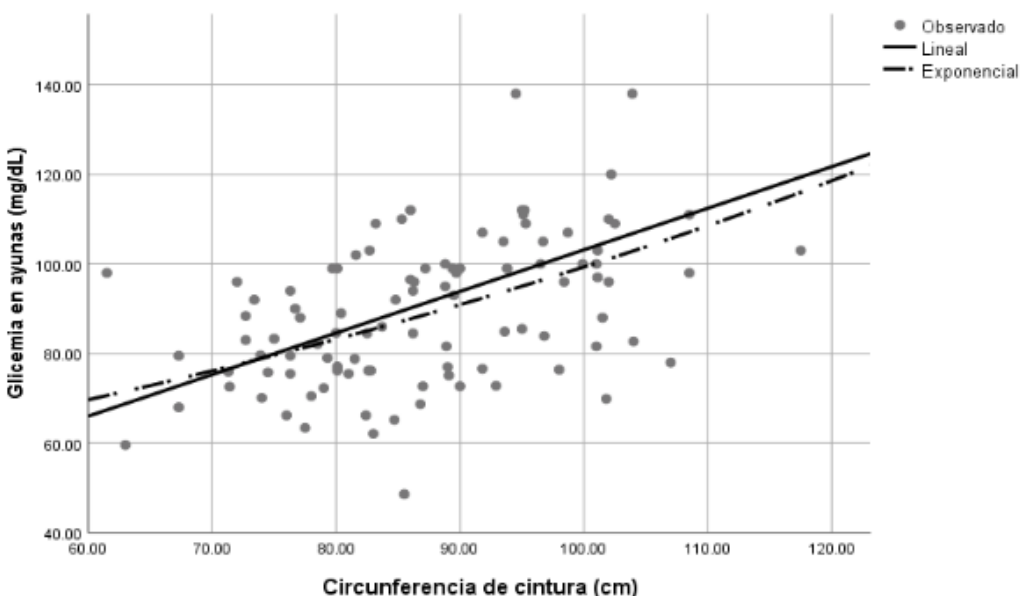


Figura 1: Estimación curvilínea entre la circunferencia de cintura y la glicemia en ayunas

El valor de $r^2=0,13$ para el modelo lineal y de $r^2=0,19$ para el modelo exponencial. Por tanto, el ajuste más alto se obtuvo empleando las ecuaciones del modelo exponencial. Así mismo, el valor del estadístico $F_{1-98}=15,49$ en el modelo lineal y $F_{1-98}=23,47$ en el modelo exponencial, reafirmando el mejor ajuste de los datos ($p<0,001$).

La ecuación exponencial que explica este ajuste estuvo dada por la fórmula:

$$\text{Glicemia en ayunas}_{(mg/dL)} = 40,96 * e^{0,009 * \text{Circunferencia de cintura (cm)}}$$

Para aplicar el modelo lineal se transformaron los datos calculando el logaritmo neperiano de la glicemia en ayunas y de esta forma verificar el cumplimiento de los supuestos de homocedasticidad de los residuos y no autocorrelación entre ellos.

La ecuación lineal empleando la variable de glicemia en ayunas transformada al logaritmo neperiano de glicemia en ayunas (LN_Glicemia), estuvo dada por la siguiente ecuación:

$$LN_{\text{Glicemia}} = 3,713 + 0,009 * \text{Circunferencia de cintura(cm)}$$

Esta relación entre glicemia en ayunas y circunferencia de cintura fue significativa ($r^2=0,19$; $F_{1-98}=23,47$; $p<0,001$). No se cumplió el supuesto de normalidad de los residuos por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p=0,034$), a un nivel de significancia de $p<0,05$; sin embargo, si el nivel de significancia es de $p<0,01$, este supuesto se cumple.

Los coeficientes de la recta de regresión demostraron los coeficientes de regresión parcial que definieron la ecuación de regresión, mostrando también que el error del modelo es el siguiente:

Tabla 6. Error del modelo glicemia en ayunas y circunferencia de cintura

Coeficiente no estandarizado			
	B	Desv. Error	Sig.
Constante	3.713	0.161	0.000
CC	0.009	0.002	0.000

Según la figura de residuos, estos variaron de forma similar, por tanto, se pudo aceptar el supuesto de homocedasticidad.

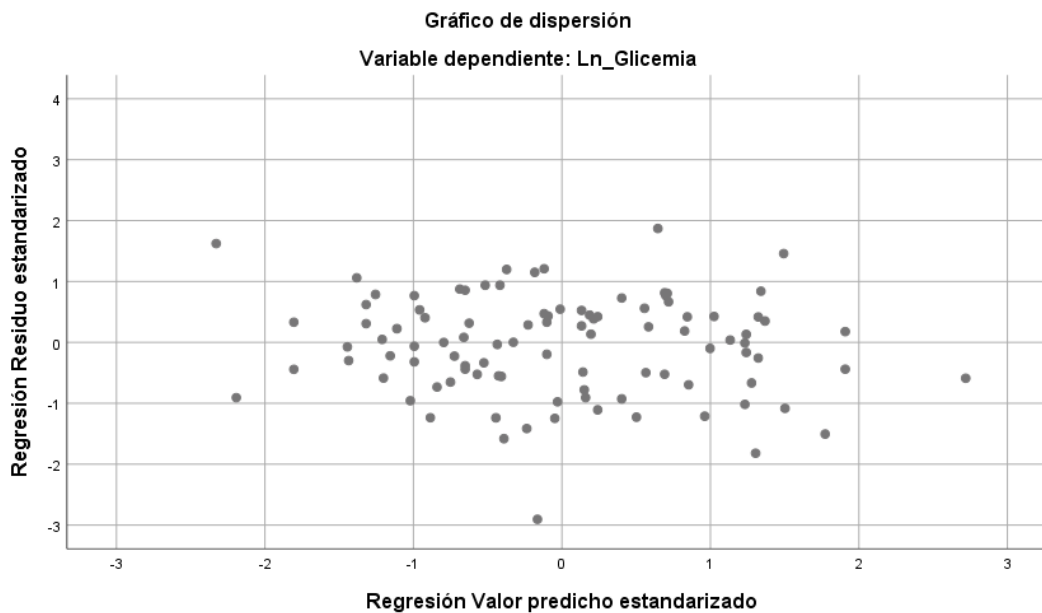


Figura 2. Gráfica de residuos estandarizados para el LN_Glicemia.

El contraste de Durbin-Watson que evalúa la auto correlación entre los residuos dio un valor de 2,25. De acuerdo con los valores críticos de la distribución de Durbin-Watson para una muestra de 100 se debe cumplir con la regla: $d_u < d < 4-d_u$ (68). Dónde d_u es el valor mayor del estadístico de Durbin-Watson y d_l el valor menor. Para una muestra de 100 y un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ los valores oscilan entre 1,65 y 1,69, por tanto, se aceptó la hipótesis de no autocorrelación. Lo que significa que el modelo es correcto y que la glicemia en ayunas puede ser explicada por la circunferencia de cintura.

6.3 Circunferencia de cintura y hemoglobina glicosilada

El segundo modelo explicó a partir de la circunferencia de cintura, el valor de la hemoglobina glicosilada.

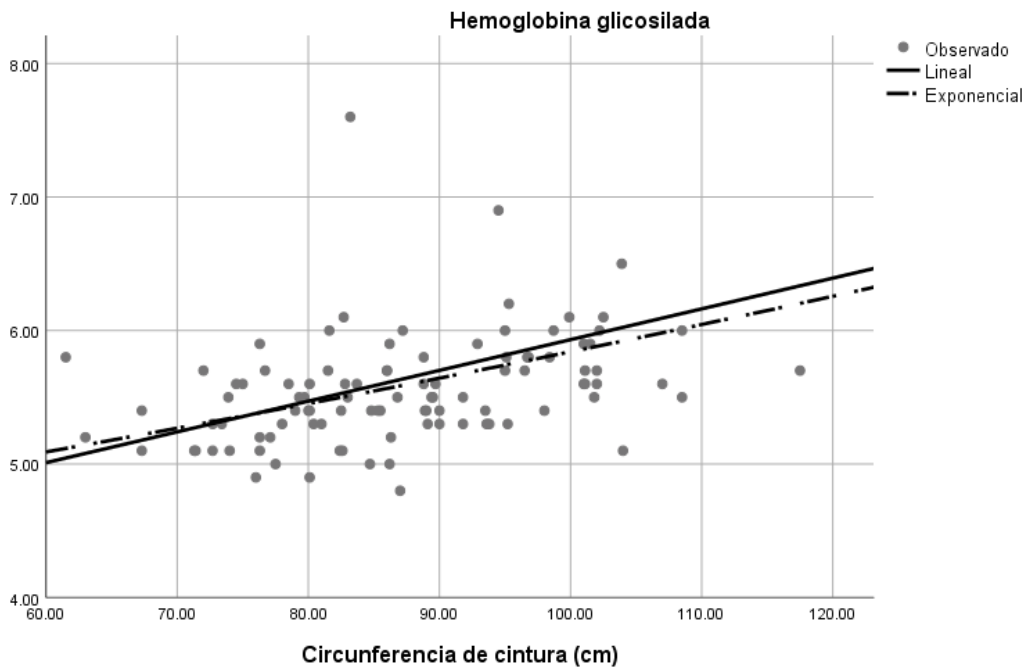


Figura 3. Estimación curvilínea entre la circunferencia de cintura y la hemoglobina glicosilada

La relación lineal entre estas dos variables es de $r=0,26$ ($p<0,001$), el $r^2=0,26$ para el modelo lineal ($F_{1-98}=7,55$). El modelo exponencial presentó una relación de $r=0,32$ ($p<0,001$), el $r^2=0,1$ ($F_{1-98}=11,59$). Por tanto, la ecuación exponencial que explicó mejor el ajuste entre estas dos variables estuvo dada por la fórmula:

$$\text{Hemoglobina glicosilada}_{(\%)} = 4,14 * e^{0,003 * \text{Circunferencia de cintura (cm)}}$$

Para verificar el cumplimiento de los supuestos de homocedasticidad de los residuos y no autocorrelación entre ellos se calculó el logaritmo neperiano de la hemoglobina glicosilada y se procedió a efectuar un modelo lineal con esta variable que estuvo dada por la siguiente ecuación:

$$LN_{Hemoglobina_{glicosilada}} = 1,421 + 0,003 * Circunferencia\ de\ cintura(cm)$$

Los coeficientes de la recta de regresión demostraron los coeficientes de regresión parcial que definieron la ecuación de regresión, mostrando también que el error del modelo es el siguiente:

Tabla 7. Error del modelo hemoglobina glicosilada y circunferencia de cintura

	Coeficiente no estandarizado		
	B	Desv. Error	Sig.
Constante	1.421	0.089	0.000
CC	0.003	0.001	0.001

Esta relación de la hemoglobina glicosilada y la circunferencia de cintura fue significativa ($r^2=0,1$; $F_{1-98}=11,59$; $p=0,001$). Sin embargo, este modelo no cumplió el supuesto de normalidad de los residuos ($p<0,01$). Que se traduce en que, al no cumplirse el supuesto del modelo, su utilización no es significativa y debe reafirmarse con otros estudios.

El contraste de Durbin-Watson que evalúa la auto correlación entre los residuos dio un valor de 2,15. De acuerdo con los valores críticos de la distribución de Durbin-Watson para una muestra de 100 se debe cumplir con la regla: $du < d < 4-du$ (68). Dónde du es el valor

mayor del estadístico de Durbin-Watson y el valor menor. Para una muestra de 100 y un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ los valores oscilan entre 1,65 y 1,69, por tanto, se aceptó la hipótesis de no autocorrelación.

7. Discusión

Los resultados presentados en esta investigación son producto de un estudio realizado en la Universidad Nacional de Colombia, con miras a evaluar el estado actual de salud cardiovascular de manera local. Se analizaron entre otros, los valores de circunferencia de cintura, glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada para construir la ecuación que permitió evidenciar el potencial que tiene la circunferencia de cintura para predecir los valores de glucosa en sangre y que se ajusta a la población estudiada. Esto con el fin de mejorar los procesos diagnósticos en salud cardiovascular que se llevan a cabo dentro de la práctica clínica diaria.

En este estudio se encontró que el 8,6% de los hombres y el 1,5% de las mujeres presentaron Diabetes de acuerdo con los valores de HbA1c, este es un hallazgo importante ya que la población evaluada era potencialmente sana por lo cual eran asintomáticos y no tenían diagnóstico, esto da cuenta del concepto ya descrito, relacionado con que la DM2 no suele manifestarse clínicamente hasta un tiempo prolongado luego de instaurada la enfermedad, por lo cual, muchos de los casos pasan inadvertidos y sin diagnóstico. Según la Federación Internacional de Diabetes (IDF) se estima que hasta 212.4 millones de personas o la mitad de todas las personas con diabetes de 20 a 79 años desconocen su enfermedad (42). Para estos casos es clave el diagnóstico temprano, ya que las posibilidades de prevenir complicaciones perjudiciales y costosas serán mayores de acuerdo con el avance de la enfermedad. Por otra parte, el 21% de los participantes (22,9% en hombres y 20% en mujeres) tienen prediabetes según la HbA1c, lo que indica que hay alteración en la tolerancia a la glucosa y un mayor riesgo de padecer DM2 (17), estudios realizados en el tema han demostrado que la prevalencia en hombres es de aproximadamente 4,5% y en mujeres de 6,6% (17,42), demostrando una mayor prevalencia en mujeres, contrario a lo que se encontró en el presente estudio, ya que la prevalencia de la enfermedad se evidenció en su mayoría en hombres, esta discrepancia

puede deberse a que los hombres presentaron mayores valores de circunferencia de cintura (65,7%) con respecto a las mujeres (40%), lo que está establecido como uno de los principales factores de riesgos de presentar alteraciones en el metabolismo de la glucosa (24,33,69). Estos datos dan cuenta de un elevado riesgo de presentar alteraciones metabólicas que pueden desencadenar en una enfermedad cardiovascular, lo que explica la necesidad de hacer vigilancia activa en este tipo de población. Así pues se resalta la importancia de la detección temprana de personas con DM2 o que tengan alto riesgo de desarrollarla así como a una intervención que posibilite la disminución del riesgo, por lo cual, la evidencia demuestra que existe posibilidad de controlar o reducir estas alteraciones metabólicas hasta en un 50% con cambios sustanciales en el estilo de vida relacionados con la alimentación y la actividad física (17,69).

Con respecto a la relación entre la CC y la glicemia en ayunas, se observó una relación moderada estadísticamente significativa entre las dos variables, lo que corrobora la evidencia existente de la asociación entre el exceso de grasa abdominal (representada indirectamente por la CC) y la presencia de alteraciones en el metabolismo de la glucosa y homeostasis glicémica (29,41). La figura 1 mostró que el incremento en la glicemia en ayunas según cambia la CC se ajustó mejor a un patrón exponencial. A valores bajos de CC se observaron mínimas elevaciones de la glicemia en ayunas, pero luego, en la medida que aumenta la CC, se alcanzó un valor crítico que se asoció a mayores cambios en la glicemia en ayunas, lo que dio cuenta de la relación existente entre estas variables. Este hallazgo da relevancia a la incorporación de un método diagnóstico de tamización en la población como lo es la CC para definir los valores de glicemia en ayunas.

Por otra parte, estudios revisados encontraron que aquellas mediciones utilizadas para diagnosticar obesidad abdominal (circunferencia de cintura) y DM2 (glicemia en ayunas) tuvieron algún grado de relación, por ejemplo, en el estudio de Diaz J y col (2016) se estableció la relación entre el perímetro abdominal y la glicemia basal en 90 participantes entre 18 a 65 años en la que demostraron a través de la prueba Chi cuadrado una relación estadísticamente significativa entre el perímetro abdominal y la glicemia basal ($p=0,0034$; $p<0,01$) significando que, a mayor perímetro abdominal más elevación en la concentración

de glucosa basal especialmente en mujeres (13). Asimismo, Castellanos y cols (2011) demostraron a través de un estudio analítico comparativo con una muestra de 98 personas de ambos sexos y con pruebas estadísticas no paramétricas Chi cuadrado de Pearson que la obesidad abdominal, evaluada por la circunferencia de cintura, se asocia a una mayor probabilidad de adquirir alteraciones en la glicemia basal (70). Es así como al evidenciarse esta correlación proporcional entre los valores de circunferencia de cintura con glicemia en ayunas, en el presente estudio por medio de un análisis de regresión paso a paso se estimaron los valores de glicemia en ayunas a partir de los valores de circunferencia de cintura, demostrando que este modelo de análisis estadístico permitió realizar de manera confiable las relaciones matemáticas entre las variables de estudio. A partir de estos análisis, se pudo determinar una relación significativa ($r^2=0,19$; $F_{1-98}=23,47$; $p<0,001$) entre la glicemia en ayunas y la circunferencia de cintura por lo cual se describió la siguiente fórmula $LN_{Glicemia} = 3,713 + 0,009 * Circunferencia\ de\ cintura(cm)$, esto significa que la glicemia en ayunas puede ser explicada en un 19% a partir de la circunferencia de cintura por medio de la ecuación anteriormente mencionada.

Con respecto a la hemoglobina glicosilada (HbA1c), se reconoció su relación significativa con la CC, sin embargo, el modelo no cumplió el supuesto de normalidad de los residuos lo que indicó que su utilización no es significativa y debe reafirmarse con otros estudios que incluyan mayor muestra. Investigaciones asociadas a la HbA1c han buscado la relación de ésta con los niveles de glucosa promedio, por ejemplo, en la revisión de Seon-Ah y col (2016) se encontró que para mayor practicidad y para poder involucrar de manera cercana al paciente en su proceso de modificación de estilo de vida, se definió la relación entre los niveles de HbA1c y los niveles de glucosa promedio (nPG) a través de la fórmula $nPG = 28.7 \times A1C - 46.7$, significando que cada aumento del 1% de la HbA1c corresponde a un incremento aproximado de 29 mg/dL de nPG (30). De igual manera, en el estudio realizado por Nathan y cols (2008) se definió la relación matemática entre la HbA1c y los niveles promedio de glucosa para así poder determinar si la HbA1c podría expresarse e informarse en términos de niveles promedio de glucosa, por medio de un análisis de regresión lineal se proporcionó dicha relación a través de la ecuación $AGmg/dl = 28.7 \times A1C - 46.7$ ($R^2 = 0.84$, $P < 0.0001$), lo que permitió el cálculo de un promedio estimado de glucosa a partir de la HbA1c (71). Al igual que en estos estudios, en el presente se propuso la HbA1c, ya que es uno de los criterios diagnósticos de DM2 pero para determinar si la CC tiene la posibilidad de expresarse en términos de valores de hemoglobina glicosilada por

medio de un modelo de regresión expresado por la ecuación $LN_{Hemoglobina\ glicosilada} = 1,421 + 0,003 * Circunferencia\ de\ cintura(cm)$. encontrando que presenta una relación significativa ($R^2 = 0,1$; $F_{1-98}=11,59$; $p=0,001$).

Este estudio constituye un primer acercamiento en la estimación de los valores de glicemia en ayunas y HbA1c a partir de la CC, reiterando el impacto que tiene la CC para identificar los valores de glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada.

8. Conclusiones

En diversos estudios se ha comprobado que hay relación entre la obesidad y la diabetes mellitus tipo 2. Sin embargo, las investigaciones disponibles sobre la relación matemática entre los criterios diagnósticos de diabetes como la glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada con la circunferencia de cintura es aún limitada. Por lo que se estableció esta relación entre las variables de estudio en una población de trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

En este estudio se encontró la presencia de diabetes en un 4% de los participantes, aun cuando no tenían síntomas y eran considerados potencialmente sanos, lo cual da cuenta de la falta de conocimiento por parte de algunos trabajadores de la presencia de esta enfermedad. Según la IDF, se calcula que, en todo el mundo hasta 212,4 millones de personas, o la mitad del total de personas con diabetes entre 20 a 79 años no son conscientes de tener la enfermedad (42). Por lo cual realizan un llamado con urgencia a examinar, diagnosticar y proporcionar la atención adecuada a estas personas con diabetes no diagnosticada (42). En estos términos, el estudio tuvo una valiosa importancia dado que dio a conocer esta situación a los trabajadores, lo que da la posibilidad de prevenir complicaciones con repercusiones económicas altas y de salud.

Considerando los resultados y limitaciones de este estudio, se concluye que existe una relación entre los valores de circunferencia de cintura con la glicemia en ayunas y la hemoglobina glicosilada, explicadas a través de una ecuación con la cual se puede tener una estimación de los valores de glucosa en sangre a partir de los valores de circunferencia de cintura. Aunque se reconoce la necesidad de futuras investigaciones que reafirmen los resultados encontrados.

Además, estos resultados proporcionan datos relevantes sobre la presencia de DM2 o el riesgo de padecerla en los trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, lo que

da cuenta que esta población es candidata para implementar diferentes estrategias de prevención a través de cambios en el estilo de vida que impacten la salud de éstos específicamente sobre su cantidad de grasa abdominal.

9. Fortalezas, limitaciones y recomendaciones

Este estudio tiene diferentes fortalezas, una de ellas es la población de estudio ya que no cuenta con los suficientes estudios que permitan examinar, diagnosticar y establecer estrategias para la prevención y manejo de la DM2; y en segundo lugar, la confiabilidad en el proceso de obtención de los datos, ya que las pruebas de laboratorio se hicieron en lugares especializados en ello, utilizando equipos de alta tecnología para el procesamiento de las muestras y con el personal idóneo para su obtención, procesamiento y lectura. En cuanto a las características antropométricas también se utilizó un instrumento de medición confiable y apto para tales mediciones, además de la previa capacitación de la profesional a cargo antes de la toma. Así pues, los resultados de este estudio permitieron realizar un seguimiento de los trabajadores de la Universidad, además, posibilitó la creación de estrategias que contrarresten el aumento de la grasa abdominal que se asocia con la resistencia a la insulina y por ende al desarrollo de DM2.

Como limitaciones del estudio están la no inclusión de variables como sexo, sociodemográficas, edad y hábitos alimentarios en el análisis realizado por el modelo.

Se reconoce la necesidad de futuros estudios analíticos que fundamenten la utilización de la circunferencia de cintura como indicador de glucosa promedio en sangre para que así sea usado en la práctica profesional cotidiana.

10. Recursos y costos

RECURSO	OBSERVACIÓN	COSTO	RESPONSABLE
HUMANO	Director	\$11,109.312	Universidad Nacional de Colombia
	Estudiante	\$7,000.000	
MATERIALES	Papelería	\$350.000	Proyecto
	Bolígrafos	\$72.000	
	Cinta métrica	\$70.000	
	Talímetro	\$80.000	
EQUIPOS	Bioimpedanciómetro INBODY 770	\$70,000.000	TLM Andina (Comodato)
LABORATORIOS (100 personas)	Glicemia en ayunas	\$490.000	Universidad Nacional de Colombia (Unisalud) y proyecto (laboratorios IDIME)
	Hemoglobina glicosilada	\$1,610.000	
PUBLICACIÓN	Envío de manuscrito Revista: The Open Obesity Journal	\$189.609	Proyecto
TOTAL		90,970.921	

A Anexo: Consentimiento informado

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE MEDICINA DEPARTAMENTO DE MOVIMIENTO CORPORAL HUMANO MAESTRÍA EN FISIOTERAPIA DEL DEPORTE Y LA ACTIVIDAD FÍSICA
<p>Este Consentimiento informado se dirige a hombres y mujeres, mayores de edad, Trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, invitados a participar en el estudio: “Relación de variables cardíacas, serológicas y antropométricas con el riesgo de desarrollar enfermedades cardiometabólicas en una población de trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.” realizado bajo la dirección de la Profesora Mary Luz Ocampo Plazas.</p> <p>Ciudad _____</p> <p>Yo _____, mayor de edad e identificado con C.C. _____ de _____, actuando en nombre propio o como representante legal de _____.</p> <p>HAGO CONSTAR</p>	

Que he sido informado hoy _____, acerca de mi participación en la realización de la presente investigación; así mismo se me ha informado que se realizará una prueba por bioimpedanciometría, muestras de sangre para obtener datos de glicemia y Hb glicosilada. Que debido a la naturaleza de la investigación los riesgos que asumo son mínimos, primordialmente asociados a la toma de muestras sanguíneas. Se me ha explicado que el acceso a mi historia clínica y los datos producto de la evaluación serán manejados de forma confidencial y serán publicados sin revelar mi identidad, también he sido informado sobre mi derecho a rechazar mi participación en el proceso o revocar este consentimiento, y sobre las consecuencias posibles de esta determinación. En cuyo caso podré presentar mi queja ante los investigadores principales, Mary Luz Ocampo Plazas (mlocampop@unal.edu.co) y Laura Milena Sánchez Obando (lsanchezo@unal.edu.co). Se me permitió preguntar y aclarar las dudas generadas sobre el estudio, mi participación y los beneficios que obtendré como lo son la caracterización y estratificación de mi riesgo cardiometabólico y adquirir recomendaciones específicas según sea el caso.

.....

Por lo anterior, **doy mi consentimiento** para mi participación en la presente investigación.

Firma del participante o representante legal

Firma

Testigo

Firmado en _____ a los ____ días del mes de _____ del _____.

B. Anexo: Protocolo de medición de las características físicas y antropométricas

1. PROPOSITO:

Evaluar las características físicas y antropométricas de los participantes

2. ALCANCE:

Trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá de 20 a 60 años.

3. RESPONSABLE:

Maestrante en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

4. DEFINICIONES:

Fundamento:

Talla: Tamaño de un individuo medido desde los talones hasta el vértice de la cabeza.

Peso: Cantidad de masa que alberga el cuerpo de una persona

IMC: Indicador antropométrico que indica la relación del peso con respecto a la talla

5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES SECUENCIALES PARA LA APLICACIÓN DEL PROTOCOLO:

Equipo

- Tallímetro acrílico Kramer® para pared
- Bioimpedanciómetro InBody 770

Procedimiento

1. Para realizar la prueba, el sujeto debe estar descalzo, con ropa liviana o en ropa interior.
2. Para la talla, el sujeto debe estar de pie a espaldas de la pared con los talones juntos y pegados a esta, así como la espalda y la cabeza.
3. La toma de la talla se debe realizar con una escuadra.
4. Para el peso, el sujeto subirá al equipo con el peso en las piernas distribuido, los brazos relajados abducidos al cuerpo y la mirada al frente.
5. Cinco segundos después de posicionado el sujeto, el equipo arrojará el resultado.

Sugerencias y recomendaciones

Para realizar correctamente la prueba es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los talones deben estar pegados a la pared.
- Tener en cuenta el plano horizontal de Frankfurt para la alineación de la cabeza
- Usar la menor cantidad de ropa

Errores frecuentes

- Mal alineación de la cabeza para la toma de la talla
- Abrir los brazos en la toma del peso
- Mirar hacia abajo

Registro de datos

La talla se registra en cm y el peso en Kg. Ejemplo: una persona que mida 1 metro con 59 cm se registra 159 cm.

Talla	Cm
Peso	Kg
IMC	$IMC=Kg/m^2$.

C. Anexo: Protocolo de medición de la circunferencia de cintura

1. PROPOSITO:

Evaluar de la medida de la circunferencia de cintura

2. ALCANCE:

Trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá de 20 a 60 años

3. RESPONSABLE:

Maestrante en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

4. DEFINICIONES:

Fundamento:

La circunferencia de cintura es una medida que se realiza teniendo en cuenta el punto medio entre el borde más bajo de la caja torácica (última costilla) y el borde superior de la cresta ilíaca, luego de una espiración normal.

5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES SECUENCIALES PARA LA APLICACIÓN DEL PROTOCOLO:

Equipo

- Cinta métrica

Procedimiento

1. El sujeto llevará ropa ligera y estará de pie, con el abdomen relajado y con los brazos hacia adelante.
2. Desde esta posición, el examinador rodeará la cintura del sujeto con la cinta métrica, quien a continuación bajará los brazos a una posición relajada y abducida.
3. La medición se realizará en el punto medio entre la última costilla y la cresta iliaca, al final de una espiración normal y sin que la cinta presione la piel.

Sugerencias y recomendaciones

Para realizar correctamente la prueba es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No apretar la cinta métrica durante la medida
- El examinador debe ubicarse frente a la cinta métrica para observar adecuadamente la medida.

- No ingerir alimentos ni bebidas por lo menos 2 horas antes de la medición

Errores frecuentes

- Apretar la cinta métrica
- No tomar la medida al final de la espiración

Registro de datos

Se registran los centímetros dados en la cinta métrica. Ejemplo: una circunferencia de 1 metro con 5 cm se registra 105 cm.

Circunferencia de cintura	Cm
---------------------------	----

D. Anexo: Protocolo de medición laboratorios sanguíneos

1. PROPOSITO:

Realizar la medición de glicemia en ayunas y hemoglobina glicosilada.

2. ALCANCE:

Trabajadores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá de 20 a 60 años

3. RESPONSABLE:

Se contrataron servicios de un laboratorio especializado, con certificación de la secretaría de salud y aval de sus protocolos para realizar tomas de muestras como las requeridas en este estudio.

4. DEFINICIONES:

Fundamento:

Glicemia: Medir la cantidad de glucosa en la sangre cuando se está en ayunas

Glicemia en ayuno alterado: 100 – 125 mg/dL

Diagnóstico de diabetes: > 126 mg/dL

Hemoglobina Glicosilada: Medir el promedio de glucosa de los 3 meses anteriores a la prueba.

Diabetes ($\geq 6,5\%$)

Prediabetes ($\geq 5,7 - 6,4\%$)

Normal ($< 5,6\%$)

5. DESCRIPCION DE ACTIVIDADES SECUENCIALES PARA LA APLICACIÓN DEL PROTOCOLO:

Equipo

- Cobas 8000 equipo que cuenta con tecnología ROCHE

Procedimiento

1. El sujeto debe llegar a la hora acordada en ayunas (se entiende que para la hemoglobina glicosilada no es necesario el ayuno, pero en la misma toma se hará el análisis de glicemia también el cual si lo requiere)
2. Se registrará en la lista de asistencia
3. Luego, se descubrirá un brazo para efectuar la toma del examen sanguíneo
4. Se sacará la sangre en dos tubos
5. Esta sangre será procesada mediante pruebas enzimáticas de glucosa oxidasa y la glucosilación del grupo amino terminal y la glucosa.

Sugerencias y recomendaciones

Para realizar correctamente la prueba es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cumplir con el tiempo de ayuno de 10 a 12 horas, incluye no masticar chicle. Períodos de ayuno más largos disminuyen la cantidad de glucosa en sangre.
- La noche anterior el paciente debe haber dormido adecuadamente. Evitar tomarse la muestra después de períodos de traspaso.
- No ingerir alcohol el día anterior
- No realizar ejercicio antes de realizar la prueba
- No fumar durante la prueba

Errores frecuentes

- No descubrir el brazo completamente
- No encontrar la arteria o capilar donde se extraerá la muestra
- No cumplir con el tiempo de ayuno

Registro de datos

Se registran la cantidad de glucosa en sangre dependiendo del reactivo a utilizar.

Glicemia en ayunas	mg/dL
Hemoglobina glicosilada	%

Bibliografía

1. Care D, Suppl SS. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2020. *Diabetes Care*. 2020;43(January):S14–31.
2. LeRoith D, Taylor S, Olefsky J. *Diabetes Mellitus: Fundamentos y clínica*. McGrawHill; 2004.
3. Forouhi NG, Wareham NJ. Epidemiology of diabetes. *Diabetes: Basic Facts* [Internet]. 2018 [cited 2019 Oct 1];47(1). Available from: [https://www.medicinejournal.co.uk/article/S1357-3039\(18\)30264-0/pdf](https://www.medicinejournal.co.uk/article/S1357-3039(18)30264-0/pdf)
4. Malo-Serrano M, Castillo NM, Pajita DD, Miguel Malo-Serrano C. La obesidad en el mundo. 2017 [cited 2019 Feb 9];78(2):173–8. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v78n2/a11v78n2.pdf>
5. Torres CI, Illera D, Acevedo DE, Cadena M, Meneses LC, Ordoñez PA, et al. Riesgo cardiovascular en una población adolescente de Timbío, Colombia. *Rev la Univ Ind Santander Salud* [Internet]. 2018;50(1):59–66. Available from: <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/8002/8153>
6. OMS. WHO | World Diabetes Day 2018. WHO [Internet]. 2018 [cited 2019 Aug 19]; Available from: <https://www.who.int/diabetes/world-diabetes-day-2018/en/>
7. Mathers CD, Loncar D. Projections of Global Mortality and Burden of Disease from 2002 to 2030 [Internet]. Vol. 3, PLoS Medicine | www. 2006 [cited 2019 Feb 9]. Available from: www.plosmedicine.org
8. Barrera Sanchez LF, Ospina Diaz JM, Tejedor Bonilla MF. Prevalencia de Síndrome Metabólico en estudiantes universitarios de Tunja, Boyacá, Colombia, 2014. *Investig en Enfermería Imagen y Desarro* [Internet]. 2017;19(1):81. Available from: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/imagenydesarrollo/article/view/12552>
9. Navarro Lechuga E, Vargas Moranth RF, Alcocer Olaciregui AE. Grasa corporal total como posible indicador de síndrome metabólico en adultos. *Rev Española Nutr Humana y Dietética* [Internet]. 2016;20(3):198. Available from: <http://renhyd.org/index.php/renhyd/article/view/216>
10. Carvajal CC. Síndrome metabólico: definiciones, epidemiología, etiología, componentes y tratamiento. *Med Leg Costa Rica*. 2017;34(1).
11. Vargas-Uricoechea H, Casas-Figueroa LÁ. An Epidemiologic Analysis of Diabetes in Colombia. *Ann Glob Heal* [Internet]. 2015;81(6):742–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aogh.2015.11.001>
12. Organización Mundial de la Salud. INFORME MUNDIAL SOBRE LA DIABETES [Internet]. Suiza; 2016 [cited 2019 Aug 13]. Available from: www.who.int

13. Díaz Ortega J, Revilla Peláez M. Circunferencia de cintura y su relación con el nivel de glicemia basal en pacientes adultos del Hospital Leoncio Prado, Huamachuco. *Crescendo Inst.* 2016;7(2):25–34.
14. OPS. OPS/OMS | Día Mundial de la Diabetes 2018 [Internet]. 2018 [cited 2019 Aug 19]. Available from: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14780:world-diabetes-day-2018-diabetes-concerns-every-family&Itemid=1969&lang=es
15. Piñeros-Garzón FS, Rodríguez-Hernández JM. Factores de riesgo asociados al control glucémico y síndrome metabólico en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Villavicencio, Colombia. *Univ y Salud.* 2018;21(1):61–71.
16. Sistema General de Seguridad Social en Salud. Guía de práctica clínica para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la diabetes mellitus tipo 2 en la población mayor de 18 años [Internet]. 2015. Available from: http://gpc.minsalud.gov.co/gpc_sites/Repositorio/Conv_637/GPC_Diabetes/DIABETES_TIPO_2_COMPLETA.pdf?Mobile=1&Source=%2Fgpc_sites%2F_layouts%2F15%2Fmobile%2Fviewa.aspx%3FList%3Dc438d48d-d85c-47a9-b91d- ea980ca0c60a%26View%3Dc81f0233-558c-4
17. Aschner P. Epidemiología de la diabetes en Colombia 2010. *Av Diabetol.* 2010;26:95–100.
18. Dirección de Epidemiología y Demografía. Análisis de Situación de Salud (ASIS) Colombia 2017 [Internet]. Bogotá; 2018 [cited 2018 May 14]. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-nacional-2017.pdf>
19. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Plan de acción para la prevención y el control de la enfermedades no transmisibles en las Américas 2013 - 2019. 2014. 64 p.
20. Asociación Latinoamericana de Diabetes. Guías ALAD sobre el diagnóstico, control y tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 con medicina basada en evidencia. México D.F.; 2013.
21. Care D, Suppl SS. 6 . Glycemic Targets : Standards of Medical Care in Diabetes d 2019. *Diabetes Care.* 2019;42(January):61–70.
22. Mesa-suarez DR. Hemoglobina glicosilada A1c vs. glucemia plasmática en ayunas de pacientes ambulatorios de un laboratorio médico. *Rev salud pública.* 2011;13(6):980–9.
23. Gray N, Picone G, Sloan F, Yashkin A. The relationship between BMI and Onset of Diabetes Mellitus and its complications. *South Med* [Internet]. 2015 [cited 2019 Sep 15];108(1):29–36. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4457375/pdf/nihms-691426.pdf>
24. Kodama S, Horikawa C, Fujihara K, Heianza Y, Hirasawa R, Yachi Y, et al. Comparisons of the strength of associations with future type 2 diabetes risk among anthropometric obesity indicators, including waist-to-height ratio: A meta-analysis. *Am J Epidemiol.* 2012;176(11):959–69.

25. Buendía RG, Zambrano M, Morales A, Alejo A, Giraldo L, Gámez D, et al. Perímetro de cintura aumentado y riesgo de diabetes. *Acta Medica Colomb* [Internet]. 2016;41(3):176–80. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-24482016000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
26. Klein S, Allison D, Heymsfield S, Kelley D. Waist Circumference and Cardiometabolic Risk: A Consensus Statement from Shaping America's Health: Association for Weight Management and Obesity Prevention; NAASO, The Obesity Society; the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Associat. *Obesity* [Internet]. 2007;15(5). Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1038/oby.2007.632/full>
27. Kodama S, Horikawa C, Fujihara K, Heianza Y, Hirasawa R, Yachi Y, et al. Comparisons of the Strength of Associations With Future Type 2 Diabetes Risk Among Anthropometric Obesity Indicators , Including Waist-to-Height Ratio : A meta-Analysis. *Am J Epidemiol*. 2012;176(11):959–69.
28. Aschner Pablo, Buendía Richard, Brajkovich Imperia GA, Figueredo Rafael, Juarez Xiomara E., Uriza Felipe, Gomez Ana Maria PCI. Determination of the cutoff point for waist circumference that establishes the presence of abdominal obesity in Latin American men and women. *Diabetes Res Clin Pract* [Internet]. 2011;93:243–7. Available from: https://www-clinicalkey-es.ez.urosario.edu.co/service/content/pdf/watermarked/1-s2.0-S0168822711002294.pdf?locale=es_ES
29. Vasques AC, Rosado L, Rosado G, De Cassia Ribeiro R, Franceschini S, Geloneze B, et al. Indicadores Antropométricos de Resistencia a la Insulina. *Arq Bras Cardiol*. 2010;95(1):e14–23.
30. Cha SA, Ko SH. Association between estimated blood glucose levels and glycated hemoglobin levels. *Korean J Intern Med*. 2016;31(3):457–60.
31. Pereira Despaigne, Olga Lidia Palay Despaigne, Maricela Silvia Rodríguez Cascaret, Argenis Neyra Barros, Rafael Manuel Chia Mena M de los A. Hemoglobina glucosilada en pacientes con diabetes mellitus. *MEDISAN*. 2015;19(4):551–8.
32. Tébar Massó FJ, Escobar Jiménez F. La diabetes en la práctica clínica. Editorial Médica Panamericana; 2009. 520 p.
33. Tatsumi Y, Watanabe M, Nakai M, Kokubo Y, Higashiyama A, Nishimura K. Changes in Waist Circumference and the Incidence of Type 2 Diabetes in Community-Dwelling Men and Women: The Suita Study. *J Epidemiol / Japan Epidemiol Assoc*. 2015;25(7):489–95.
34. Adegbija O, Hoy W, Wang Z. Predicting absolute risk of type 2 diabetes using age and waist circumference values in an aboriginal Australian community. *PLoS One*. 2015;10(4).

35. Bombelli M, Facchetti R, Sega R, Carugo S, Fodri D, Brambilla G. Impact of body mass index and waist circumference on the long-term risk of diabetes mellitus, hypertension, and cardiac organ damage. *Hypertension*. 2011;58(6):1029–35.
36. Maceda W, Martínez A. Índice de cintura cadera, perímetro abdominal y su relación con la hipertensión arterial y diabetes mellitus. *Rev salud pública*. 2010;22(4).
37. Lancheros Carrillo PL, Martínez R. E, Salazar E. V. Factores de riesgo cardiovascular en trabajadores de una institución universitaria Bogotá D.C- Colombia. *reponameRepositorio Inst EdocUR*. 2010 Feb 18;
38. Análisis descriptivo de las variables: nivel de actividad física, depresión y riesgos cardiovasculares en empleados y docentes de una institución universitaria en Medellín (Colombia) - ScienceDirect [Internet]. [cited 2019 Dec 5]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1886658108700720>
39. Mendivil CO, Sierra ID, Pérez CE. Valoración del riesgo cardiovascular global y prevalencia de dislipemias según los criterios del NCEP-ATP III en una población adulta de Bogotá, Colombia. *Clínica e Investig en Arterioscler*. 2004 Jan;16(3):99–107.
40. Bonita, Ruth,. Beaglehole, Robert . Kjellstrom Tord. *Epidemiología básica*. Segunda ed. 2008.
41. Gallo JA, Ochoa JE, Balparda JK, Aristizábal D. Puntos de corte del perímetro de la cintura para identificar sujetos con resistencia a la insulina en una población colombiana. *Acta Médica Colomb*. 2013;38(3).
42. Federación Internacional de Diabetes. *Atlas de diabetes*. 2017.
43. Bogotá DC, De D. Análisis de Situación de Salud (ASIS) Dirección de Epidemiología y Demografía. 2019;
44. MSPS. Plan decenal de salud pública 2012 - 2021. 2012;
45. Desafío UN, Oportunidad U. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD 53ª ASAMBLEA MUNDIAL DE LA SALUD A53/14 Punto 12.11 del orden del día provisional 22 de marzo de 2000 Estrategia mundial para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles Informe de la Directora General.
46. Organización Mundial de la Salud. *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud*. 2004;2002.
47. *Estrategia Regional para Enfermedades Crónicas*. 2007.
48. OPS/OMS | Marco Internacional de la Diabetes [Internet]. [cited 2019 Oct 20]. Available from: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=6720:2012-diabetes-international-framework&Itemid=39450&lang=es
49. Mayo De 2018 BDC, Pablo J, Restrepo U, Bernal GB, General S, Yanira A, et al. Informe de gestión avance del Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021

Dirección de Epidemiología y Demografía IVÁN DARÍO GONZÁLEZ ORTIZ
Viceministro de Salud Pública y Prestación de Servicios DIANA ISABEL
CARDENAS GAMBOA Viceministra de Protección Social.

50. Crónicas E. Recopilación de NORMAS sobre PREVENCIÓN y CONTROL. 2009.
51. Consejo Superior Universitario. Acuerdo 007 de 2010 [Internet]. Universidad Nacional de Colombia. 2010 [cited 2019 Oct 1]. Available from: http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=37468
52. Targets G. 5. Glycemic Targets. 2016;39(January):39–46.
53. Pollak C. F. Resistencia a La Insulina: Verdades Y Controversias. Rev Médica Clínica Las Condes [Internet]. 2016;27(2):171–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.04.006>
54. Román Salvador LA. Relación de niveles de glicemia basal y hemoglobina glicosilada en pacientes del hospital nacional Daniel Alcides Carrión 2016 - 2017. 2018.
55. Moreno MI. Circunferencia de cintura: Una medición importante y útil del riesgo cardiometabólico. Rev Chil Cardiol [Internet]. 2010 [cited 2019 Oct 15];29:85–7. Available from: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchcardiol/v29n1/art08.pdf>
56. González-Chávez A, Amancio-Chassin O, Islas-Andrade S, Revilla-Monsalve C, Hernández-Q M, Lara-Esqueda A, et al. Factores de riesgo cardiovascular asociados a obesidad abdominal en adultos aparentemente sanos. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2008;46(3):273–9.
57. Han TS, Van Leer EM, Seidell JC, Lean MEJ. Waist circumference action levels in the identification of cardiovascular risk factors: Prevalence study in a random sample. Bmj. 1995;311(7017):1401.
58. Expert Panel on Detection E and T of HBC in A. Executive Summary of the Third Report (NCEP) -Adult Treatment Panel III. J Am Med Assoc. 2001;285(19):2486–97.
59. Jiménez A, Solorzano D. Relación del Perímetro abdominal y diabetes mellitus 2. 2015;47. Available from: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3838/1/T-UCSG-PRE-MED-312.pdf>
60. Flores-Lázaro JR, Rodríguez-Martínez E, Rivas-Arancibia S. Consecuencias metabólicas de la alteración funcional del tejido adiposo en el paciente con obesidad. Rev Médica del Hosp Gen México. 2011;74(3):157–65.
61. Cardozo L, Cuervo Y, Murcia J. Porcentaje de grasa corporal y prevalencia de sobrepeso-obesidad en estudiantes universitarios de rendimiento deportivo de Bogotá, Colombia. Nutr clínica y dietética Hosp [Internet]. 2016;36(3):68–75. Available from: <http://revista.nutricion.org/PDF/cardozo.pdf>
62. Gallo J, Aristizabal D, Segura A, Correa M, Zapata M. Relación de la resistencia a

- la insulina con la estructura , la función cardiaca y el metabolismo en adultos jóvenes no obesos. *Acta Médica Colomb* [Internet]. 2008;33(3):117–26. Available from: <http://www.redalyc.org/html/1631/163114145004/>
63. Hutcheson R, Rocic P. *The Metabolic Syndrome, Oxidative Stress, Environment, and Cardiovascular Disease : The Great Exploration*. *Exp Diabetes Res*. 2012;
 64. Carballo Ramos E, Soca M. Trastornos metabólicos en la obesidad abdominal. *Rev Habanera Ciencias Medicas* [Internet]. 2018;17(6). Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v17n6/1729-519X-rhcm-17-06-1005.pdf>
 65. Universidad Nacional de Colombia. Línea de tiempo - Universidad Nacional de Colombia [Internet]. [cited 2019 Oct 14]. Available from: <http://lineadetiempoun.unal.edu.co/detail/#/>
 66. Dirección Nacional de Planeación y Estadísticas. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia [Internet]. 2017 [cited 2019 Feb 15]. Available from: http://estadisticas.unal.edu.co/fileadmin/user_upload/Revista_2017.pdf
 67. Martínez MA, Sánchez A, Faulín F. *Bioestadística amigable*. 2nd ed. España; 2006. 919 p.
 68. Guisande C, Vaamonde A, Barreiro A. *Tratamiento de datos con R, Statistica y SPSS* [Internet]. Díaz de Santos; 2013 [cited 2019 Nov 20]. Available from: https://books.google.com.co/books/about/Tratamiento_de_datos_con_R_Statistica_y.html?id=sLfri8_fl8sC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
 69. Vicente Sánchez B, Peña EV, Delgado AA, Cruz MC. Identificación de individuos con riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 Identification of Individuals at Risk of Developing Type 2 Diabetes. 2019 [cited 2019 Oct 23]; Available from: <http://www.revfinlay.sld.cu/index.php/finlay/article/view/274>
 70. Castellanos González MF, Benet Rodríguez M, Morejón Giraldoni AF, Yudeni CC. Obesidad abdominal: parámetro antropométrico predictivo de alteraciones del metabolismo. *Finlay Rev enf crón* [Internet]. 2011;1(2):81–90. Available from: <http://www.revfinlay.sld.cu/index.php/finlay/article/view/40/60>
 71. Nathan DM, Kuenen J, Borg R, Zheng H, Schoenfeld D, Heine RJ. Translating the A1C assay into estimated average glucose values. *Diabetes Care*. 2008;31(8):1473–8.