



Viabilidad de los índices antropométricos de adiposidad basados en el peso (*body weight - related*) y los índices basados en la forma (*body shape - related*) en la predicción del síndrome metabólico y de la enfermedad cardiovascular en población adulta.

Sílvia Ballesta Purroy

Máster en Bioinformática y Bioestadística

Universitat Oberta de Catalunya – Universitat de Barcelona (UOC-UB)

Àrea 4

Nombre Consultor/a: Elisabeth Ortega Carrasco

Nombre Profesor/a responsable de la asignatura: Antoni Pérez Navarro

Fecha de entrega: 01/2021



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	Viabilidad de los índices antropométricos de adiposidad basados en el peso (<i>body weight - related</i>) y los índices basados en la forma (<i>body shape - related</i>) en la predicción del síndrome metabólico y de la enfermedad cardiovascular en población adulta.
Nombre del autor:	<i>Sílvia Ballesta Purroy</i>
Nombre del consultor/a:	<i>Elisabeth Ortega Carrasco</i>
Nombre del PRA:	<i>Antoni Pérez Navarro</i>
Fecha de entrega:	01/2021
Titulación:	<i>Máster en Bioinformática y Bioestadística UOC-UB</i>
Área del Trabajo Final:	<i>Área 4</i>
Idioma del trabajo:	<i>Español</i>
Palabras clave:	<i>Antropometría, riesgo cardiovascular, regresión logística.</i>
Resumen del Trabajo:	
<p>Objetivo: Evaluar la viabilidad de distintos índices antropométricos de adiposidad en la predicción de factores de riesgo cardiovascular, síndrome metabólico y enfermedad cardiovascular en una muestra de población adulta heterogénea.</p> <p>Metodología: Se realiza un estudio observacional transversal en la población adulta que participó en el programa público estadounidense NHANES el año 2017-2018. Se realiza un análisis de regresión logística para el cálculo de la <i>odds ratio</i> para cada índice antropométrico en su asociación con cada una de las variables fenotípicas evaluadas. Se describe el poder discriminativo de dichos índices mediante el AUC de la ROC, comparando los modelos simples con los modelos ajustados.</p> <p>Resultados: Los modelos con mayor poder discriminativo son los modelos ajustados de: CUN_BAE para hipertensión (AUC 0,823 [0,702-0,843]) y dislipemia (AUC 0,754 [0,730-0,779]); ratio cintura-cadera para diabetes (AUC 0,815 [0,788-0,843]); y circunferencia de cintura para síndrome metabólico (AUC 0,828, [0,801-0,855]). Tanto para enfermedad coronaria como para enfermedad cerebrovascular, el modelo con más poder discriminativo es el ajustado de BRI (AUC 0,855 [0,817-0,892], AUC 0,819 [0,780-0,858], respectivamente); mientras que para enfermedad macrovascular el mejor modelo es el ajustado de ratio cintura-cadera (AUC 0,796 [0,759-0,833]).</p>	

Conclusiones: De los índices antropométricos basados en el peso, la fórmula CUN_BAE es el que presenta un mayor poder discriminativo para el riesgo cardiovascular, mientras que de los basados en la forma destacan la circunferencia de cintura, la ratio cintura-cadera y la ratio cintura-altura. La fórmula BRI discrimina razonablemente los eventos macrovasculares.

Abstract:

Objective: To evaluate the viability of different anthropometric adiposity indices in the prediction of cardiovascular risk factors, metabolic syndrome and cardiovascular disease in a heterogeneous sample of adult population.

Methodology: A cross-sectional observational study is carried out in the adult population that participated in the survey of the American public program NHANES in the year 2017-2018. A logistic regression analysis is performed to calculate the odds ratio for each anthropometric index in its association with each of the phenotypic variables evaluated. The discriminative power of these indices is described by using the AUC of the ROC, comparing the simple models versus the adjusted models.

Results: The models with the highest discriminative power are the adjusted models of: CUN_BAE for hypertension (AUC 0.823 [0.802-0.843]) and dyslipidemia (AUC 0.754 [0.730-0.779]); waist-hip ratio for diabetes (AUC 0.815 [0.788-0.843]); and waist circumference for metabolic syndrome (AUC 0.828, [0.801-0.855]). For both coronary heart disease and stroke, the model with the most discriminative power is the adjusted BRI (AUC 0.855 [0.817-0.892], AUC 0.819 [0.780-0.858], respectively); while for macrovascular disease the best model is the adjusted waist-hip ratio (AUC 0.796 [0.759-0.833]).

Conclusions: Of the body weight-related anthropometric indices, the CUN_BAE formula is the one with the highest discriminative power for cardiovascular risk, while of body shape-related indices stand out the waist circumference, waist-hip ratio and waist-height ratio. BRI formula reasonably discriminates macrovascular events.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto y justificación del trabajo	1
1.1.1 Contexto general.....	1
1.1.2 Justificación.....	1
1.2 Objetivos del trabajo	2
1.2.1 Objetivos generales	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Enfoque y método seguido	3
1.4 Planificación del trabajo	4
1.4.1 Tareas.....	4
1.4.2 Hitos parciales.....	5
1.4.3 Calendario	6
1.5 Breve resumen de productos obtenidos	6
1.6 Breve descripción de los otros capítulos de la memoria	6
2. ANTECEDENTES	8
3. DISEÑO DEL ESTUDIO	11
3.1 Diseño del estudio y población de estudio	11
3.2 Datos clínicos	11
3.3 Índices antropométricos de adiposidad	11
3.4 Factores de riesgo cardiovascular clásicos, síndrome metabólico y enfermedad cardiovascular	12
3.5 Análisis estadístico	13
4. RESULTADOS	14
4.1 Características basales de los sujetos	14
4.2 Prevalencia de factores de riesgo cardiovascular clásicos, síndrome metabólico y enfermedades cardiovasculares	15
4.3 Estudio de correlación de los índices antropométricos de adiposidad con el porcentaje de grasa corporal total	16
4.4 Asociación de los índices antropométricos con los factores de riesgo cardiovascular clásicos, el síndrome metabólico y las enfermedades cardiovasculares	17
4.5 Estudio del efecto modificador de las covariables	18
4.6 Análisis comparativo del poder discriminativo mediante el AUC de las ROC	23
4.7 Resumen resultados del análisis de la variable “HTA”	25
4.8 Resumen resultados del análisis de la variable “DM”	26
4.9 Resumen resultados del análisis de la variable “DLP”	27
4.10 Resumen resultados del análisis de la variable “METS”	28
4.11 Resumen resultados del análisis de la variable “IAM”	29
4.12 Resumen resultados del análisis de la variable “AVC”	30
4.13 Resumen resultados del análisis de la variable “MACE”	31

5. DISCUSIÓN	32
5.1 Estudio de correlación: índices antropométricos – grasa corporal total	32
5.2 Covariables	32
5.3 Factores de riesgo cardiovascular y síndrome metabólico	33
5.4 Enfermedad cardiovascular	34
5.5 Limitaciones	35
5.6 Aplicabilidad clínica y futuras líneas de investigación.....	36
6. CONCLUSIONES.....	37
7. GLOSARIO Y ABREVIACIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA	40
9. ANEXOS.....	42
9.1 Anexo 1. Diagrama de Gantt	43
9.2 Anexo 2. Ejemplo código <i>software</i> R.....	44
9.3 Anexo 3. Artículo científico	60

Lista de tablas y figuras

- Tabla 1.** Planificación del proyecto: Tareas. Tarea, fecha de inicio y duración.
- Tabla 2.** Índices antropométricos de adiposidad: índice, ecuación, referencia.
- Tabla 3.** Características basales de los sujetos.
- Tabla 4.** Valores basales de los índices antropométricos en la muestra estudiada.
- Tabla 5.** Prevalencia de factores de riesgo cardiovasculares clásicos, síndrome metabólico y enfermedades vasculares.
- Tabla 6.** Coeficiente de determinación R² (tamaño del efecto) para el estudio de correlación lineal entre los índices antropométricos y la grasa corporal total.
- Tabla 7.** Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica HTA.
- Tabla 8.** Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica DM.
- Tabla 9.** Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica DLP.
- Tabla 10.** Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica MetS.
- Tabla 11.** Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica IAM.
- Tabla 12.** Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica AVC.
- Tabla 13.** Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica MACE.
- Tabla 14.** Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta Hipertensión arterial (HTA), para cada uno de los índices antropométricos.
- Tabla 15.** Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta Diabetes mellitus (DM), para cada uno de los índices antropométricos.
- Tabla 16.** Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta Dislipemia (DLP), para cada uno de los índices antropométricos.
- Tabla 17.** Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta Síndrome metabólico (MetS), para cada uno de los índices antropométricos.
- Tabla 18.** Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta Enfermedad coronaria (IAM), para cada uno de los índices antropométricos.
- Tabla 19.** Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta Enfermedad cerebrovascular (AVC), para cada uno de los índices antropométricos.
- Tabla 20.** Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta Enfermedad cardiovascular compuesta (MACE), para cada uno de los índices antropométricos.

Figura 1. Representación del estudio de correlación lineal entre los índices antropométricos y la grasa corporal total.

Figura 2. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (CUN_BAE) para HTA, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no HTA / 1 = si HTA) y la dispersión de dichos índices antropométricos.

Figura 3. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (ratio_cc) para DM, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no DM / 1 = si DM) y la dispersión de dicho índice antropométrico.

Figura 4. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (CUN_BAE) para DLP, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no DLP / 1 = si DLP) y la dispersión de dicho índice antropométrico.

Figura 5. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (circ_cintura) para MetS, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no MetS / 1 = si MetS) y la dispersión de dicho índice antropométrico.

Figura 6. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (BRI) para IAM, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no IAM / 1 = si IAM) y la dispersión para dicho índice antropométrico.

Figura 7. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (BRI) para AVC, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no AVC / 1 = si AVC) y la dispersión para dicho índice antropométrico.

Figura 8. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (ratio_cc) para MACE, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no MACE / 1 = si MACE) y la dispersión para dicho índice antropométrico.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

1.1.1 Contexto general

El presente proyecto surge en el contexto de la realización de un “Trabajo Final de Máster” (TFM) del máster en Bioinformática y Bioestadística de la Universitat Oberta de Catalunya-Universitat de Barcelona (UOC-UB). En este trabajo se propone aplicar el análisis bioestadístico para estudiar la relación entre una serie de datos clínicos. Concretamente, se pretende usar el análisis de regresión para describir modelos predictivos de distintos factores de riesgo cardiometabólicos y enfermedades cardiovasculares, en base a variables antropométricas y posibles covariables. Se pretende también evaluar el poder predictivo de los modelos descritos.

1.1.2 Justificación

Son numerosos los estudios publicados que evalúan la viabilidad de diferentes índices antropométricos y de distintos componentes del análisis de composición corporal como predictores del riesgo cardiovascular, del síndrome metabólico (MetS) y de la enfermedad cardiovascular [1-6]. A pesar de ello, existen importantes limitaciones, y es que la mayoría de dichos trabajos analizan uno o pocos de los índices existentes, en muestras poblacionales pequeñas [1-5], rangos de edad específicos (adultos jóvenes, ancianos,...)[1,4], o en grupos raciales determinados (británicos, chinos, peruanos,...)[1-4,6]. Además algunos resultados son inconsistentes y discrepantes entre los diferentes estudios [1]. Todo ello dificulta la comparación y extrapolación de los resultados descritos y el uso de dichos índices a la práctica clínica habitual.

Se hace patente la necesidad de disponer de estudios más consistentes para ampliar el conocimiento en este campo, para poder mejorar la detección precoz del riesgo cardiovascular con medidas no invasivas con el objetivo final de implantar medidas preventivas que reduzcan la mortalidad cardiovascular en pacientes de alto riesgo.

Por lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se pretende evaluar la viabilidad de los distintos índices antropométricos de adiposidad en la predicción de factores de riesgo cardiometabólicos, de síndrome metabólico y de enfermedad cardiovascular en una muestra de población adulta heterogénea.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.2.1 Objetivos generales

Los objetivos generales del presente trabajo son:

- Evaluar la asociación entre los diferentes índices de adiposidad y la asociación entre dichos índices y el porcentaje de grasa corporal determinado por *Dual-Energy X-ray Absorptiometry* (DEXA).
- Evaluar la relación entre los índices de adiposidad con los factores de riesgo cardiometabólicos, el síndrome metabólico y la enfermedad macrovascular.
- Evaluar el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de factores de riesgo cardiometabólicos, de síndrome metabólico y de enfermedad cardiovascular.

1.2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos por cada uno de los objetivos previamente expuestos son:

Evaluar la asociación entre los diferentes índices de adiposidad y la asociación entre dichos índices y el porcentaje de grasa corporal determinado por Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA).

- Describir la asociación entre los diferentes índices de adiposidad mediante el análisis de correlación.
- Describir la asociación entre dichos índices de adiposidad y el porcentaje de grasa corporal determinado por *Dual-Energy X-ray Absorptiometry* (DEXA) mediante el análisis de correlación.

Evaluar la relación entre los índices de adiposidad con los factores de riesgo cardiometabólicos, el síndrome metabólico y la enfermedad cardiovascular.

- Describir la relación entre los índices de adiposidad y los factores de riesgo cardiometabólicos mediante el cálculo de la *odds ratio* con el intervalo de confianza al 95%. Se explorarán mediante regresión los modelos no ajustados y los modelos ajustados por posibles covariables.
- Describir la relación entre los índices de adiposidad y el síndrome metabólico mediante el cálculo de la *odds ratio* con el intervalo de confianza al 95%. Se explorarán mediante regresión los modelos no ajustados y los modelos ajustados por posibles covariables.
- Describir la relación entre los índices de adiposidad y la enfermedad cardiovascular mediante el cálculo de la *odds ratio* con el intervalo de confianza al 95%. Se explorarán mediante regresión los modelos no ajustados y los modelos ajustados por posibles covariables.

Evaluar el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de factores de riesgo cardiometabólicos, de síndrome metabólico y de enfermedad cardiovascular.

- Describir el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de factores de riesgo cardiometabólicos mediante el área bajo la curva (AUC) de la *receiver operating characteristic curve* (ROC).
- Describir el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de síndrome metabólico mediante el área bajo la curva (AUC) de la *receiver operating characteristic curve* (ROC).
- Describir el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de enfermedad cardiovascular mediante el área bajo la curva (AUC) de la *receiver operating characteristic curve* (ROC).

1.3 ENFOQUE Y MÉTODO SEGUIDO

El presente proyecto se enfoca hacia el estudio de diferentes índices antropométricos y sus relaciones con algunos factores de riesgo cardiovascular y enfermedades cardiometabólicas mediante el análisis bioestadístico.

Los datos se obtendrán de una base de datos pública, como es NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) (<https://www.cdc.gov/nchs/nhanes/Default.aspx>). NHANES es un programa del National Center for Health Statistics (NCHS) diseñado para evaluar el estado de salud y el estado nutricional de niños y adultos de los Estados Unidos, que combina entrevistas y exámenes físicos. La encuesta examina una muestra representativa a nivel nacional de unas 5.000 personas cada año. Incluye preguntas demográficas, socioeconómicas, dietéticas y relacionadas con la salud. El examen físico consta de mediciones médicas, dentales y de variables fisiológicas, así como pruebas de laboratorio. El mismo proyecto se podría desarrollar a partir de datos extraídos de bases de datos clínicas no publicadas (en caso de disponer de ellas), pero el hecho de usar datos públicos hace que el estudio sea totalmente reproducible. Se usaran los últimos datos publicados, correspondientes a la encuesta del año 2017-2018, para obtener una aproximación temporal lo más cercana al momento actual.

En referencia al análisis bioestadístico, de los diferentes programas disponibles, como el SPSS® o el STATA®, en este proyecto se empleará el programa RStudio. RStudio es un programa de acceso libre que usa el *software R* (*The R Project for Statistical Computing*), un lenguaje de programación excelente tanto para el análisis estadístico como para la elaboración de gráficos, y que se puede ejecutar en una amplia variedad de sistemas operativos como UNIX, Windows y MacOS. Todos los paquetes estadísticos que se incluyen son de descarga gratuita y formato abierto, por lo que tiene la ventaja de poder disponer de todos los detalles de las fórmulas y los test estadísticos que se aplican.

1.4 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

1.4.1 Tareas

Las tareas propuestas para alcanzar los objetivos generales y específicos previamente expuestos se exponen en la Tabla 1.

Tarea	Fecha inicio	Duración
Objetivo 1. Determinar la asociación entre los diferentes índices de adiposidad y la asociación entre dichos índices y el porcentaje de grasa corporal determinado por Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA).		
1. Identificar los índices de adiposidad más frecuentemente usados para el análisis de composición corporal, evaluando sus pros y sus contras.	14/10/2020	0,5 días
2. Seleccionar los índices de adiposidad que se querrán evaluar.	14/10/2020	0,5 días
3. Descargar los datos de la base de datos online NHANES 2017-2018 (National Health and Nutrition Examination Survey) para explorar y obtener la información necesaria.	15/10/2020	1 día
4. Calcular los diferentes índices de adiposidad seleccionados mediante los datos obtenidos de la base NHANES 2017-2018.	16/10/2020	1 día
5. Utilizar el análisis de correlación para determinar la asociación entre los diferentes índices de adiposidad.	19/10/2020	2 días
6. Utilizar el análisis de correlación para determinar la asociación entre los diferentes índices de adiposidad y el porcentaje de grasa corporal determinado por Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA).	21/10/2020	2 días
7. Describir y presentar los resultados de forma gráfica y escrita.	23/10/2020	2 días
8. Analizar e interpretar los resultados obtenidos de forma escrita.	27/10/2020	2 días
Objetivo 2. Evaluar la relación entre los índices de adiposidad con los factores de riesgo cardiometabólicos, el síndrome metabólico y la enfermedad macrovascular.		
9. Seleccionar los factores de riesgo cardiometabólicos que se querrán evaluar.	29/10/2020	0,25 días
10. Definir los criterios de síndrome metabólico que se utilizarán en el presente trabajo.	29/10/2020	0,25 días
11. Definir los criterios de enfermedad cardiovascular que se utilizarán en el presente trabajo.	29/10/2020	0,5 días
12. Descargar los datos de la base de datos online NHANES 2017-2018 (National Health and Nutrition Examination Survey) para explorar y obtener la información necesaria.	30/10/2020	1 día
13. Crear nuevas variables mediante los datos obtenidos de la base NHANES 2017-2018 en los casos que sea necesario, como por ejemplo si se cumplen criterios o no de MetS o enfermedad cardiovascular.	2/11/2020	1 día
14. Profundizar en los conceptos del análisis de regresión, aplicaciones y limitaciones.	3/11/2020	2 días
15. Determinar la relación entre los índices de adiposidad con los factores de riesgo cardiometabólicos, el síndrome metabólico y de la enfermedad cardiovascular mediante el cálculo de la <i>odds ratio</i> con el intervalo de confianza al 95% en los modelos de regresión no ajustados.	5/11/2020	3 días
16. Describir y presentar los resultados de forma gráfica y escrita.	10/11/2020	2 días
17. Analizar e interpretar los resultados obtenidos de forma escrita.	12/11/2020:	2 días
18. Preparar y entregar el informe de seguimiento PAC2.	16/11/2020	1 día

19. Estudiar e identificar posibles covariables obtenidas de la base de datos online NHANES 2017-2018.	17/11/2020	1 día
20. Estudiar los modelos de regresión anteriores ajustados por dichas covariables.	18/11/2020	3 días
21. Describir y presentar los resultados de forma gráfica y escrita.	23/11/2020	2 días
22. Analizar e interpretar los resultados obtenidos de forma escrita.	25/11/2020	2 días
Objetivo 3. Evaluar el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de factores de riesgo cardiometabólicos, de síndrome metabólico y de enfermedad cardiovascular.		
23. Profundizar en los conceptos de “área bajo la curva (AUC)” y “receiver operating characteristic curve (ROC)”, aplicaciones y limitaciones.	27/11/2020	1 día
24. Aplicar dichos conceptos para determinar el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de factores de riesgo cardiometabólicos.	30/11/2020	1 día
25. Aplicar dichos conceptos para determinar el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción del síndrome metabólico.	01/12/2020	1 día
26. Aplicar dichos conceptos para determinar el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de la enfermedad cardiovascular.	02/12/2020	1 día
27. Describir y presentar los resultados de forma gráfica y escrita.	3/12/2020	2 días
28. Analizar e interpretar los resultados obtenidos de forma escrita.	7/12/2020	2 días
29. Elaboración del producto en formato artículo científico.	10/12/2020	2 días
30. Preparar y entregar el informe de seguimiento PAC3.	14/12/2020	1 día

Tabla 1. Planificación del proyecto: Tareas. Tarea, fecha de inicio y duración.

1.4.2 Hitos parciales

Los hitos de este proyecto se han adaptado a las fechas de los entregables (PECs) definidos por la UOC para su evaluación continuada:

- **Hito 1. Realización y entrega de la PEC2: “Desarrollo del TFM – Fase 1”.**
(14/10/2020-16/11/2020)
Se incluye el desarrollo de las tareas 1-18.
- **Hito 2. Realización y entrega de la PEC3: “Desarrollo del TFM – Fase 2”.**
(17/11/2020-14/12/2020)
Se incluye el desarrollo de las tareas 19-30.
- **Hito 3. Realización y entrega de la PEC4: “Cierre de la memoria”.**
(15/12/2020-05/01/2020)
Se incluye el documento de la memoria y el producto en formato artículo científico.
- **Hito 4. Realización y entrega de la PEC5a: “Elaboración de la presentación”.**
(07/01/2020-10/01/2020)
Elaboración de la presentación del TFM en formato PowerPoint i vídeo.
- **Hito 5. Realización de la PEC5b: “Defensa pública”**
(13/01/2020-20/01/2020)
Defensa pública de la presentación del TFM delante del tribunal, siguiendo las directrices de la UOC.

1.4.3 Calendario

Se adjunta una imagen del cronograma de trabajo elaborado con el programa Gantt Project (<https://www.ganttproject.biz/>) (Anexo 1).

1.5 BREVE SUMARIO DE PRODUCTOS OBTENIDOS

Durante el desarrollo del presente proyecto, se pretenden elaborar los siguientes documentos:

- **PLAN DE TRABAJO:** se adjunta el plan de trabajo en forma de Diagrama de Gantt (Anexo 1).
- **MEMORIA:** presente documento.
- **PRODUCTO:** artículo científico con parte de los resultados del proyecto (Anexo 3).
- **PRESENTACIÓN VIRTUAL:** en formato vídeo.
- **AUTOEVALUACIÓN DEL PROYECTO:** tras la defensa pública del proyecto del TFM, se procederá a la autoevaluación del trabajo, según las directrices de la UOC.

1.6 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS OTROS CAPÍTULOS DE LA MEMORIA

El resto de capítulos de la memoria se resumen a continuación:

- **CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES.** Se detalla la bibliografía previa sobre el tema, con las referencias correspondientes con el objetivo de ubicar el contexto actual y la justificación del proyecto presentados en la introducción.
- **CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL ESTUDIO.** Se detalla el diseño y la metodología usada para llevar a cabo el estudio.
- **CAPÍTULO 4: RESULTADOS.** Incluye los resultados, con tablas resúmenes con los datos más destacados y una descripción de los mismos.
- **CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN.** Finalmente se expone la discusión, dónde se pretende relacionar los resultados obtenidos con los datos previamente publicados, correspondientemente referenciados. En éste último apartado se detallan las limitaciones del trabajo y se proporciona una visión subjetiva de la utilidad clínica de los resultados.
- **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.** Se exponen de forma resumida las ideas principales obtenidas tras el análisis y discusión de los datos, resaltando los conceptos más importantes.

- **CAPÍTULO 7: GLOSARIO.** Incluye la lista con la definición de los términos y acrónimos más relevantes utilizados dentro de la Memoria.
- **CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA.** Se expone la lista de referencias bibliográficas siguiendo el estilo “Vancouver”.
- **CAPÍTULO 9: ANEXOS.** En éste último capítulo se incluyen varios anexos como partes complementarias a la propia Memoria que ayudan a comprender cómo se ha desarrollado el proyecto. También se incluye como anexo uno de los productos del proyecto en formato “artículo científico” con parte de los datos obtenidos en la realización del presente estudio.

2. ANTECEDENTES

El exceso de adiposidad y, en especial, la adiposidad visceral, constituye el principal factor predictor de síndrome metabólico (MetS) y se relaciona con el riesgo de enfermedad cardiovascular [1,7], que es la principal causa de mortalidad en los países desarrollados según datos de la World Health Organization (WHO) del 2018. Por eso, la detección precoz de la presencia de adiposidad mediante índices no invasivos ha sido y sigue siendo un campo de estudio en continuo desarrollo. Desde principios del siglo XVIII se han descrito diferentes índices antropométricos usados como medida indirecta de la adiposidad corporal total y de la adiposidad abdominal [1]. Dada su correlación con el porcentaje de grasa corporal, estas medidas presentan diferentes grados de asociación con comorbilidades cardiometabólicas, adquiriendo valor por su poder discriminativo como predictores de riesgo cardiovascular [1].

Dichos índices antropométricos se pueden clasificar en aquellos basados en el peso corporal y en los basados en la forma corporal [1]:

Índices basados en el peso corporal (body weight - related): se trata de medidas basadas principalmente en el peso corporal [1].

- **Índice de masa corporal (IMC).** Fue descrito por Adolphe Quetelet en 1832, y representa la medida antropométrica más extendida para evaluar la adiposidad en la práctica clínica [1]. Se trata de una medida que relaciona el peso corporal con la altura [1,8]. Como limitaciones destaca que no discrimina entre la masa magra y la masa grasa, no proporciona información sobre la distribución regional de la grasa, sobreestima la adiposidad en personas altas, y la infra-estima en personas bajas [1,2,8]. Dado que la adiposidad central es la que se describe como factor de riesgo cardiovascular independiente, la incapacidad del IMC para describir la distribución de la grasa corporal constituye un verdadero inconveniente en el objetivo de estimar el riesgo individual de un sujeto [1].
- **New IMC:** se trata de una corrección de la fórmula clásica del IMC propuesta para mejorar la predicción de las complicaciones postoperatorias de pacientes intervenidos por cáncer colorectal, pero su validez y capacidad discriminativa en relación al riesgo cardiovascular no se ha avalado en series largas [1,9].
- **CUN-BAE (Clínica Universidad de Navarra – Body Adiposity Estimator):** índice que estima el porcentaje de grasa corporal a partir del IMC, el sexo y la edad [1,10].

Índices basados en la forma corporal (body shape - related): se trata de medidas basadas principalmente en la circunferencia abdominal [1].

- **Circunferencia de cintura (WC: waist circumference), ratio cintura-cadera (WHR: waist circumference to hip circumference ratio), ratio cintura-altura (WHtR: waist circumference to height ratio):** se trata de medidas indirectas de la adiposidad visceral que se han sugerido como alternativas al IMC para describir la obesidad abdominal,

con superioridad como predictores de factores de riesgo cardiometabólicos, de enfermedad cardiovascular y de mortalidad [2]. La WC y la WHR presentan el inconveniente que requieren de puntos de corte de normalidad específicos según sexo y grupo étnico. La medida de la WHtR soluciona en parte dicha limitación, ya que existe un punto de corte universal validado para la identificación de la obesidad abdominal en diferentes grupos étnicos [1,11,12]. Se ha descrito la ratio cintura-altura como el mejor predictor de MetS en población anciana [13].

- **Body Adiposity index (BAI):** descrito por Bergman et al., se trata de una medida validada para la predicción del porcentaje de grasa corporal que se calcula en base a la circunferencia de cadera y la altura [1,14].
- **Body Shape Index (ABSI):** se trata de un índice descrito en 2012 por Krakauer y Krakauer que se basa en la circunferencia de cintura como medida indirecta de la obesidad abdominal, ajustada por peso y altura [1-3,15]. Presenta una baja correlación con el peso, la altura y el IMC, mientras que muestra una correlación modesta con la circunferencia de cintura [15]. Para un determinado peso y altura, un mayor ABSI indica mayor circunferencia de cintura y, por lo tanto, mayor obesidad abdominal [16]. Existen discrepancias sobre la capacidad predictiva de morbilidad y mortalidad en diferentes estudios, aunque parece que presenta un poder predictivo inferior para enfermedad cardiovascular cuando se compara con el IMC y mayor poder discriminativo para mortalidad global [2,15-17].
- **Body Roundness Index (BRI):** se trata de un índice descrito en 2012 por Thomas et al., que describe la redondez corporal y, por tanto, es una medida de la adiposidad visceral [2,3,6,18]. Se ha sugerido como una medida predictiva del riesgo cardiovascular, del síndrome metabólico y de la enfermedad cardiovascular, aunque existen pocos estudios en el que se analice este índice [2,3].

Los resultados de estudios recientes sugieren que las medidas basadas en el peso corporal, particularmente la fórmula CUN-BAE, presentan mayor asociación con la grasa corporal total, mientras que los índices basados en la forma corporal, como la circunferencia de cintura [1], la ratio cintura-altura [1] y el BRI [2,3], tienen mayor asociación con la presencia de factores de riesgo cardiovascular, aunque algunos resultados son inconsistentes [1].

Los factores de riesgo cardiovasculares clásicos consisten en la elevación de la presión arterial (hipertensión arterial (HTA)), elevación de la glucosa plasmática (diabetes mellitus (DM)) y la dislipemia (elevación de niveles de colesterol LDL (DLP)) [7]. Otras alteraciones del perfil lipídico, como la elevación de triglicéridos y apolipoproteína B, partículas LDL pequeñas y densas, y bajos niveles de colesterol HDL, también se han asociado con el riesgo cardiovascular, así como el estado protrombótico y el estado proinflamatorio [7]. Otros factores tradicionales de riesgo cardiovascular son la edad, el sexo y el tabaquismo [1,7]. Se ha descrito la actividad física como una posible variable modificadora del riesgo cardiovascular [1].

El MetS consiste en la presencia de múltiples de dichos factores de riesgo metabólicos, que se interrelacionan entre ellos y con la presencia de grasa visceral, y que se asocian a un aumento del riesgo de desarrollar enfermedad cardiovascular aterosclerótica [7] y a un aumento del riesgo de mortalidad prematura [3,19]. Se estima que la prevalencia global a nivel mundial del MetS en la población general es del 20-25%, aunque varía considerablemente entre diferentes poblaciones raciales/étnicas y en diferentes países [19]. Por ejemplo, la prevalencia de MetS alcanza el 33,4% en Estados Unidos, mientras que en la China se reporta en el 14,4% de la población [19]. Por otro lado, en Estados Unidos, la prevalencia es mayor en hispanicos, seguido de los blancos, y en cambio se describe una prevalencia más baja en africanos-americanos [19].

Son numerosos los estudios publicados que evalúan la viabilidad de diferentes índices antropométricos y de distintos componentes del análisis de composición corporal como predictores del riesgo cardiovascular, del MetS y de la enfermedad cardiovascular [1-6]. A pesar de ello, existen importantes limitaciones, y es que la mayoría de dichos trabajos analizan uno o pocos de los índices existentes, en muestras poblacionales pequeñas [1-5], rangos de edad específicos (adultos jóvenes, ancianos,...)[1,4], o en grupos raciales determinados (británicos, chinos, peruanos,...) [1-4,6]. Además algunos resultados son inconsistentes y discrepantes entre los diferentes estudios [1]. Todo ello dificulta la comparación y extrapolación de los resultados descritos y el uso de dichos índices a la práctica clínica habitual. Se hace patente la necesidad de disponer de estudios más consistentes para ampliar el conocimiento en este campo, para poder mejorar la detección precoz del riesgo cardiovascular con medidas no invasivas con el objetivo final de implantar medidas preventivas que reduzcan la mortalidad cardiovascular en pacientes de alto riesgo.

Por lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se pretende evaluar la viabilidad de los distintos índices antropométricos de adiposidad en la predicción de factores de riesgo cardiovasculares clásicos y del MetS en una muestra de población adulta heterogénea.

3. DISEÑO DEL ESTUDIO

3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se trata de un estudio observacional transversal basado en el análisis de la población adulta (≥ 18 años) que participó en la encuesta de salud del programa público estadounidense NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) (<https://wwwn.cdc.gov/nchs/nhanes/Default.aspx>) el año 2017-2018.

La encuesta examina una muestra representativa a nivel nacional de unas 5.000 personas cada año. Incluye preguntas demográficas, socioeconómicas, dietéticas y relacionadas con la salud.

El examen físico consta de mediciones médicas, dentales y de variables fisiológicas, así como pruebas de laboratorio.

3.2 DATOS CLÍNICOS

Dentro de los datos clínicos que se incluyen en la encuesta NHANES, se han recogido como covariables datos demográficos (edad, sexo, población), hábitos tóxicos (tabaquismo) y datos de estilo de vida (actividad física moderada y actividad física vigorosa).

El tabaquismo se ha definido como el consumo de al menos 100 cigarrillos a lo largo de la vida.

La actividad física moderada corresponde a aquella que en sus trabajos habituales (remunerados o no remunerados) provoca a los sujetos pequeños aumentos de la respiración o la frecuencia cardíaca de forma continua durante al menos 10 minutos, mientras que la actividad física vigorosa se define por grandes aumentos de la frecuencia respiratoria o cardíaca durante al menos 10 minutos en dichas actividades.

Los datos sobre grasa corporal total medida en porcentaje mediante DEXA (*dual-energy X-ray absorptiometry*) se han obtenido del apartado de exploración física / exploraciones complementarias de la encuesta NHANES.

3.3 ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS DE ADIPOSIDAD

Los índices antropométricos se han calculado en base a los parámetros de exploración física registrados en la encuesta NHANES.

En la Tabla 2 se exponen las ecuaciones usadas para el cálculo de los diferentes índices antropométricos analizados en este estudio [8-12,14,15,18].

Índice	Ecuación	Referencia
Índices antropométricos de adiposidad basados en el peso		
Índice de masa corporal (IMC)	$IMC = \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura (m)}^2}$	Gysel (1974) [8]
New IMC	$\text{new IMC} = 1.3 * \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura (m)}^2}$	Van Vugt et al. (2015) [9]
CUN-BAE (Clínica Universidad de Navarra – Body Adiposity Estimator)	$CUN - BAE (BF\%) = -44.988 + (0.503 * edad (años)) + (10.689 * sexo) + (3.172 * IMC (\frac{kg}{m^2})) - (0.026 * IMC^2 (\frac{kg}{m^2})) + (0.181 * IMC (\frac{kg}{m^2}) * sexo) - (0.02 * (IMC (\frac{kg}{m^2}) * edad)) - (0.005 * IMC^2 (\frac{kg}{m^2}) * sexo) + (0.00021 * IMC^2 (\frac{kg}{m^2}) * edad).$ <p style="text-align: center;">Donde hombre = 0 y mujer = 1.</p>	Gómez-Ambrosi et al. (2012) [10]
Índices antropométricos de adiposidad basados en la forma		
Circunferencia de cintura (WC: waist circumference)	$WC = \text{circunferencia de cadera (cm)}$	WHO (2008) [11]
Ratio cintura-cadera (WHR: waist circumference to hip circumference ratio)	$WHR = \frac{\text{waist circumference (cm)}}{\text{hip circumference (cm)}}$	WHO (2008) [11]
Ratio cintura-altura (WHtR: waist circumference to height ratio)	$WHtR = \frac{\text{waist circumference (cm)}}{\text{altura (cm)}}$	Ashwell (1995) [12]
Body Adiposity Index (BAI)	$BAI (BF\%) = \frac{\text{hip circumference (cm)}}{\text{altura (m)}^{1.5}} - 18$	Bergman et al. (2011) [14]
Body Shape Index (ABSI)	$ABSI = \frac{\text{waist circumference (cm)}}{IMC (\frac{kg}{m^2})^{0.66} * \text{altura (m)}^{0.5}}$	Krakauer and Krakauer (2012) [15]
Body Roundness Index (BRI)	$BRI = 364.2 - 365.5 * \sqrt{1 - \left(\frac{(\frac{WC(m)})^2}{2\pi}}{(0.5 * \text{altura(m)})^2} \right)}$	Thomas et al. (2013) [18]

Tabla 2. Índices antropométricos de adiposidad: índice, ecuación, referencia.

3.4 FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR CLÁSICOS, SÍNDROME METABÓLICO Y ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR

En base a los datos disponibles de la encuesta NHANES, se ha definido “Hipertensión arterial (HTA)” como presión arterial sistólica (PAS) ≥ 140 mm Hg y/o presión arterial diastólica (PAD) ≥ 90 mm Hg en la exploración física del sujeto y/o HTA reportada al paciente en al menos 2 ocasiones y/o medicación antihipertensiva reportada por el sujeto; “Diabetes mellitus (DM)” como HbA1c $\geq 6,5\%$ y/o DM reportada por el sujeto y/o medicación con insulina y/o medicación con agentes hipoglucemiantes orales reportada por el sujeto; “Dislipemia (DLP)” como niveles séricos de colesterol total ≥ 200 mg/dl y/o niveles reducidos de colesterol HDL < 40 mg/dl en hombres/ < 50 mg/dl en mujeres y/o DLP reportada por el sujeto y/o medicación hipolipemiente reportada por el sujeto.

Según los criterios diagnósticos modificados de la *National Cholesterol Education Program (NCEP) Adult Treatment Panel III (ATP-III)* (2014), el “Mets” se define con la presencia de 3 de los siguientes 5 factores de riesgo cardiovascular [7]: Elevada circunferencia de cintura: ≥ 102 cm en hombres y ≥ 88 cm en mujeres; Niveles elevados de triglicéridos (TG): ≥ 150 mg/dl o tratamiento farmacológico específico; Niveles reducidos de colesterol HDL (c-HDL): < 40 mg/dl

en hombres y < 50 g/dl en mujeres o tratamiento farmacológico específico; Presión arterial elevada: Presión arterial sistólica (PAS) ≥ 130 mm Hg o presión arterial diastólica (PAD) ≥ 85 mm Hg o tratamiento farmacológico específico; Glucosa en ayunas elevada: ≥ 100 mg/dl o tratamiento específico. Dado que la variable “niveles séricos de TG” no está recogida en la encuesta NHANES, se ha excluido este criterio para la definición de MetS en el presente trabajo, siendo necesaria la presencia de al menos 3 de los 4 criterios restantes.

Para la definición de la “enfermedad coronaria (IAM)” y la “enfermedad cerebrovascular (AVC)” se han tenido en cuenta los datos reportados por los sujetos en el cuestionario NHANES. Se ha generado una nueva variable compuesta “enfermedad cardiovascular (MACE)” que incluye los sujetos con enfermedad coronaria y/o enfermedad cerebrovascular reportada por ellos mismos.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para todas las variables analizadas se aplica un test de contraste de normalidad para estudiar la distribución en la muestra, utilizando el test de Kolmogorov-Smirnov (muestras con $n \geq 50$). Se realiza un análisis descriptivo de las variables más relevantes. Las variables continuas con distribución normal son expresadas en base el número total de pacientes, el porcentaje, la media y la desviación estándar; mientras que si la distribución no es normal, se expresan en base el número total de pacientes, el porcentaje, la mediana y el rango intercuartílico. Las variables cualitativas se reportan en base a su distribución de frecuencia relativa y absoluta. Se realiza un análisis de regresión logística simple para el cálculo de la *odds ratio* y su IC95% de cada índice antropométrico para las 7 variables fenotípicas evaluadas (HTA, DM, DLP, MetS, IAM, AVC, MACE).

Adicionalmente se lleva a cabo un análisis de regresión logística múltiple para obtener los modelos ajustados con diferentes covariables. Se estudian para su inclusión en el modelo ajustado en base a el criterio clínico (datos procedentes de la literatura previa) las variables edad, sexo, población, tabaquismo, actividad física moderada y actividad física vigorosa, incluyéndolas en el modelo en función de la significación estadística ($p < 0,05$). Finalmente, se describe el poder discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de factores de riesgo cardiovascular mediante el área bajo la curva (AUC) de la *receiver operating characteristic curve* (ROC) mediante el paquete `pROC()` del *software R*, comparando los modelos simples con los modelos ajustados.

Se utiliza un valor de $p < 0,05$ bilateral como estadísticamente significativo. El análisis estadístico se realiza mediante el *software R* (*The R Project for Statistical Computing*).

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS BASALES DE LOS SUJETOS

Se incluyeron un total de 5533 sujetos de igual o más de 18 años que respondieron la encuesta NHANES en el 2017-2018. La edad media de los participantes fue de 51 años (33-65). 2672 (48,29%) de los participantes eran hombres y 2861 (51,70%) eran mujeres. En relación a la distribución por poblaciones, 752 (13,59%) sujetos eran mexicanos americanos, 519 (9,38%) otros hispánicos, 1898 (34,30%) blancos no hispánicos, 1283 (23,19%) negros no hispánicos, 793 (14,33%) asiáticos no hispánicos y 277 (5,20%) multirraciales/otras. 2232 (40,34%) eran sujetos fumadores y 3301 (59,66%) no fumadores. Un total de 2314 (41,82%) sujetos refirieron tener una actividad física moderada, mientras que 1325 (23,95%) definieron su actividad física como vigorosa.

La Tabla 3 resume las características basales de los sujetos:

Sujetos totales	n = 5533
Edad (años)	51 (33-65)
Sexo Hombre : Mujer	2672 (48,29%) : 2861 (51,70%)
Raza/Etnia	
- Mexicanos americanos	752 (13,59%)
- Otros hispánicos	519 (9,38%)
- Blancos no hispánicos	1898 (34,30%)
- Negros no hispánicos	1283 (23,19%)
- Asiáticos no hispánicos	793 (14,33%)
- Multirraciales/otras	277 (5,20%)
Tabaquismo Sí : No	2232 (40,34%) : 3301 (59,66%)
Actividad moderada Sí : No	2314 (41,82%) : 3219 (58,18%)
Actividad vigorosa Sí : No	1325 (23,95%) : 4208 (76,05%)

Tabla 3. Características basales de los sujetos.

En cuanto a los índices antropométricos, destaca una población con sobrepeso con una mediana de IMC de 28,50 kg/m², con una mediana de porcentaje de grasa corporal > 30%, y un perímetro abdominal > 95cm (media del perímetro abdominal que define MetS entre mujeres > 88cm y varones > 102cm).

La Tabla 4 resume los valores de los índices antropométricos en la muestra estudiada:

Índice	Mediana (RIC)
Índices antropométricos de adiposidad basados en el peso	
Índice de masa corporal (IMC)	28,50 (24,60-33,50)
New IMC	37,05 (31,98-43,55)
CUN-BAE (Clínica Universidad de Navarra – Body Adiposity Estimator)	35,620 (28,521-43,444)

Índices antropométricos de adiposidad basados en la forma	
Circunferencia de cintura (WC: waist circumference)	98,9 (87,9-110,7)
Ratio cintura-cadera (WHR: waist circumference to hip circumference ratio)	0,9394 (0,8793-0,9948)
Ratio cintura-altura (WHtR: waist circumference to height ratio)	0,5958 (0,5301-0,6674)
Body Adiposity index (BAI)	30,44 (26,31- 36,23)
Body Shape Index (ABSI)	8,358 (7,997 - 8,717)
Body Roundness Index (BRI)	2,0344 (1,6221-2,4898)

Tabla 4. Valores basales de los índices antropométricos en la muestra estudiada.

RIC: rango intercuartílico.

4.2 PREVALENCIA DE FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR CLÁSICOS, SÍNDROME METABÓLICO Y ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES

Se disponía de datos de HTA en 5264 de los sujetos totales, siendo 2014 (38,26%) hipertensos y 3250 (61,74%) no hipertensos. Todos los sujetos de la muestra tenían datos sobre DM, siendo 686 (12,40%) diabéticos y 4847 (87,60%) no diabéticos. En referencia a los datos de DLP, se disponía de datos de 5530 sujetos, siendo 1670 (30,20%) dislipémicos y 3860 (69,80%) no dislipémicos. Según los criterios de MetS definidos en este estudio, se disponía de datos de 4921 sujetos, cumpliendo criterios de MetS un total de 488 (9,92%) sujetos y no cumpliéndolos los restantes 4433 (90,08%) sujetos.

Por lo que refiere a los eventos vasculares, la enfermedad coronaria fue referida por 243 (4,63%) sujetos a partir de la información de un total de 5249 sujetos, la enfermedad cerebrovascular fue referida por 255 (4,85%) de un total de 5255 sujetos, y la variable enfermedad cardiovascular compuesta (MACE) fue reportada por 445 (8,94%) de un total de 5242. Por lo tanto, 5006 (95,37%) sujetos negaron antecedentes de enfermedad coronaria, 5000 sujetos (95,15%) negaron antecedentes de enfermedad cardiovascular, y 4797 (91,51%) sujetos negaron antecedentes de enfermedad cardiovascular compuesta. Tabla 5.

Sujetos totales : Sí : No	
Hipertensión arterial (HTA)	5264 : 2014 (38,26%) : 3250 (61,74%)
Diabetes mellitus (DM)	5533 : 686 (12,40%) : 4847 (87,60%)
Dislipemia (DLP)	5530 : 1670 (30,20%) : 3860 (69,80%)
Síndrome metabólico	4921 : 488 (9,92%) : 4433 (90,08%)
Enfermedad coronaria (IAM)	5249 : 243 (4,63%) : 5006 (95,37%)
Enfermedad cerebrovascular (AVC)	5255 : 255 (4,85%) : 5000 (95,15%)
Enfermedad cardiovascular (MACE)	5242 : 445 (8,94%) : 4797 (91,51%)

Tabla 5. Prevalencia de factores de riesgo cardiovasculares clásicos, síndrome metabólico y enfermedades vasculares.

4.3 ESTUDIO DE CORRELACIÓN DE LOS ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS DE ADIPOSIDAD CON EL PORCENTAJE DE GRASA CORPORAL TOTAL

En referencia al estudio de correlación lineal entre los índices antropométricos y la grasa corporal total medida en porcentaje mediante DEXA, se observa que la fórmula CUN_BAE constituye el índice antropométrico con mayor correlación, con una $r = 0,86$ y un tamaño del efecto alto con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,74$, estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$). Dentro los índices antropométricos basados en la forma, el que presenta una mayor correlación con la grasa corporal total es el BAI una $r = 0,85$ y un tamaño del efecto alto con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,72$, estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$). Figura 1. Tabla 6.

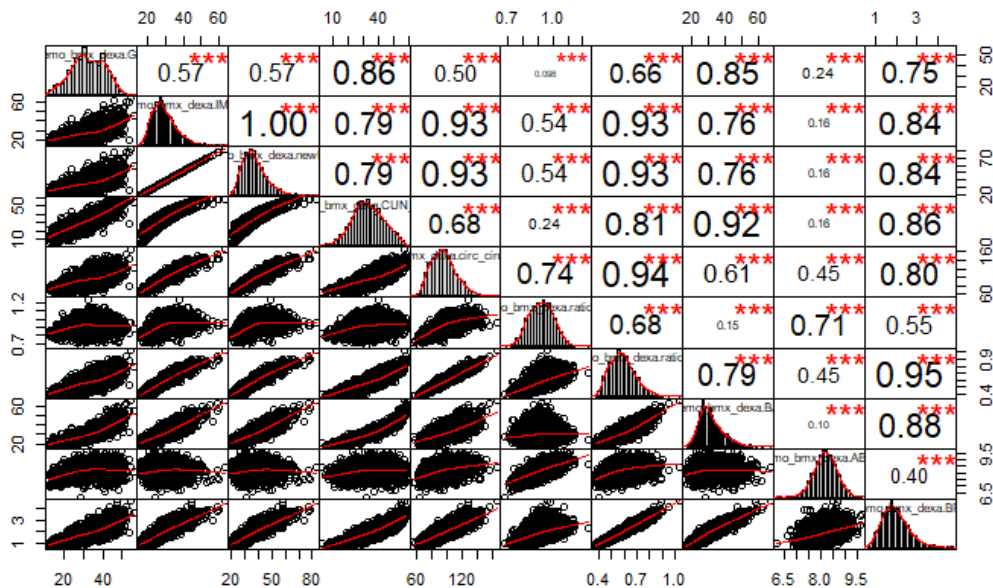


Figura 1. Representación del estudio de correlación lineal entre los índices antropométricos y la grasa corporal total. Rho de Spearman.

	DEXA	IMC	newIMC	CUN_BAE	c_cintura	ratio_cc	ratio_ca	BAI	ABSI	BRI
DEXA	1,000	0,321	0,321	0,742	0,249	0,010	0,435	0,719	0,056	0,558
IMC	0,321	1,000	1,000	0,623	0,861	0,295	0,863	0,573	0,024	0,707
newIMC	0,321	1,000	1,000	0,623	0,861	0,295	0,863	0,573	0,024	0,707
CUN_BAE	0,742	0,623	0,623	1,000	0,463	0,057	0,663	0,852	0,024	0,740
c_cintura	0,249	0,861	0,861	0,463	1,000	0,549	0,891	0,375	0,203	0,646
ratio_cc	0,010	0,295	0,295	0,057	0,549	1,000	0,457	0,022	0,499	0,302
ratio_ca	0,435	0,863	0,863	0,663	0,891	0,457	1,000	0,627	0,201	0,909
BAI	0,719	0,573	0,573	0,852	0,375	0,022	0,627	1,000	0,011	0,782
ABSI	0,056	0,024	0,024	0,024	0,203	0,499	0,201	0,011	1,000	0,162
BRI	0,558	0,707	0,707	0,740	0,646	0,302	0,909	0,782	0,162	1,000

Tabla 6. Coeficiente de determinación R^2 (tamaño del efecto) para el estudio de correlación lineal entre los índices antropométricos y la grasa corporal total.

Legenda de colores: $R^2 < 0,5$: asociación pequeña, $R^2 = 0,5-0,69$: asociación moderada, $R^2 = 0,7-0,89$: asociación alta, $R^2 = 0,90-1$: asociación muy alta.

En referencia a la correlación lineal entre los propios índices antropométricos, y sin tener en cuenta IMC- newIMC (derivado de una fórmula directa), los índices con mayores asociaciones son:

- IMC e new IMC con circunferencia de cintura: $r = 0,93$ estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$), con un tamaño del efecto alto con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,86$.
- IMC e new IMC con ratio cintura-altura: $r = 0,93$ estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$), con un tamaño del efecto alto con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,86$.
- Circunferencia de cintura con ratio cintura-altura: $r = 0,94$ estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$), con un tamaño del efecto alto con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,89$.
- CUN_BAE con BAI: $r = 0,92$ estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$), con un tamaño del efecto alto con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,85$.
- Ratio cintura-altura con BAI: $r = 0,95$ estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$), con un tamaño del efecto alto con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,63$.

A destacar también la baja correlación de:

- ABSI tanto con la grasa corporal total medida mediante DEXA como con el resto de índices antropométricos, a excepción de la ratio cintura-altura: $r = 0,71$ estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$), con un tamaño del efecto moderado con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,50$.
- Ratio cintura/cadera tanto con la grasa corporal total medida mediante DEXA como con el resto de índices antropométricos, a excepción de la circunferencia de cintura: $r = 0,74$ estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$), con un tamaño del efecto moderado con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,55$.

4.4 ASOCIACIÓN DE LOS ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS CON LOS FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR CLÁSICOS, EL SÍNDROME METABÓLICO Y LAS ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES

Todos los índices antropométricos evaluados presentan una *odds ratio* > 1 para el riesgo de HTA, DM, DLP y MetS, de forma estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$), tanto en los modelos simples como en los modelos ajustados.

En el estudio de los eventos vasculares: enfermedad coronaria (IAM), enfermedad cerebrovascular (AVC) y enfermedad cardiovascular compuesta (MACE) la *odds ratio* para los índices antropométricos de adiposidad basados en el peso (IMC, newIMC y CUN-BAE) no son estadísticamente significativos ni en los modelos de regresión simple ni en los modelos ajustados. La excepción es la fórmula CUN-BAE en su asociación con AVC. A destacar que de los índices antropométricos basados en la forma, todas las *odds ratio* presentan una asociación positiva estadísticamente significativa para las 3 variables respuesta, a excepción de la fórmula BAI, por lo que no se ha tenido en cuenta el AUC de los modelos basados en dicha fórmula.

4.5 ESTUDIO DEL EFECTO MODIFICADOR DE LAS COVARIABLES

Profundizando en el análisis del efecto modificador de las covariables seleccionadas, en el estudio de **predicción de HTA** destaca la significación de la edad y la etnia para los modelos de todos los índices antropométricos evaluados. El sexo también es significativo en prácticamente todos los modelos, excepto el de la circunferencia de cintura y el de la fórmula ABSI. En cuanto a la etnia, destacar que resulta significativo el cambio de mexicanos hispánicos a raza negra, asiática u otras (según el modelo), pero que no existen diferencias entre los mexicanos con otros hispánicos ni con los blancos no hispánicos en ninguno de los modelos. El tabaquismo tan sólo resulta significativo en el modelo de la fórmula CUN-BAE y la fórmula BAI, mientras que la actividad física no resulta significativa en ninguno de los modelos. Tabla 7.

	Covariables	IMC	newIMC	CUN_BAE	c_cintura	ratio_cc	ratio_ca	BAI	ABSI	BRI
HTA	Índice antropométrico	0,070 (< 0,05)	0,054 (< 0,05)	0,073 (< 0,05)	0,033 (< 0,05)	6,477 (< 0,05)	5,50 (< 0,05)	0,059 (< 0,05)	0,300 (0,001)	0,854 (< 0,05)
	Edad (años)	0,067 (< 0,05)	0,067 (< 0,05)	0,060 (< 0,05)	0,062 (< 0,05)	0,055 (< 0,05)	0,060 (< 0,05)	0,062 (< 0,05)	0,059 (< 0,05)	0,058 (< 0,05)
	Sexo Hombre) Mujer	-0,210 (0,012)	-0,210 (0,012)	-1,028 (< 0,05)	0,015 (0,855)	0,372 (< 0,05)	-0,267 (0,002)	-0,604 (0,002)	-0,071 (0,399)	-0,484 (< 0,05)
	Raza/Etnia									
	- Mexicanos) Otros hispánicos	-0,006 (0,973)	-0,006 (0,973)	-0,001 (0,994)	-0,045 (0,806)	-0,018 (0,921)	-0,028 (0,877)	-0,083 (0,645)	-0,118 (0,511)	-0,027 (0,884)
	- Mexicanos) Blancos	0,088 (0,521)	0,087 (0,521)	0,114 (0,402)	-0,003 (0,985)	0,127 (0,360)	0,116 (0,407)	0,097 (0,483)	-0,019 (0,890)	0,206 (0,142)
	- Mexicanos) Negros	0,757 (< 0,05)	0,757 (< 0,05)	0,795 (< 0,05)	0,727 (< 0,05)	0,943 (< 0,05)	0,860 (< 0,05)	0,775 (< 0,05)	0,748 (< 0,05)	0,953 (< 0,05)
	- Mexicanos) Asiáticos	0,372 (0,022)	0,371 (0,022)	0,434 (0,008)	0,412 (0,012)	0,234 (0,149)	0,398 (0,016)	0,261 (0,109)	0,016 (0,922)	0,352 (0,034)
	- Mexicanos) Otras	0,483 (0,019)	0,483 (0,019)	0,498 (0,016)	0,335 (0,118)	0,471 (0,027)	0,445 (0,038)	0,428 (0,043)	0,321 (0,127)	0,535 (0,013)
	Tabaquismo Sí) No	-0,152 (0,074)	-0,152 (0,074)	-0,172 (0,046)	-0,129 (0,141)	-0,088 (0,312)	-0,146 (0,094)	-0,193 (0,025)	-0,136 (0,113)	-0,162 (0,062)
	Actividad moderada Sí) No	-0,026 (0,808)	-0,026 (0,808)	-0,013 (0,905)	-0,033 (0,762)	-0,002 (0,987)	-0,035 (0,072)	-0,045 (0,680)	-0,038 (0,720)	-0,035 (0,747)
	Actividad vigorosa Sí) No	-0,040 (0,252)	-0,040 (0,670)	-0,044 (0,642)	-0,059 (0,537)	-0,009 (0,322)	-0,061 (0,521)	-0,068 (0,471)	-0,094 (0,314)	-0,068 (0,471)

Tabla 7. Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica HTA. Logaritmo de la *odds ratio* (p-valor).

Leyenda de colores: **fondo verde: estadísticamente significativo por lo que se incluye en el modelo ajustado, fondo morado: estadísticamente no significativo por lo que no se incluye en el modelo ajustado.**

En el estudio de **predicción de DM**, destaca la significación de la edad y la etnia en los modelos de todos los índices antropométricos evaluados. El sexo también es significativo en prácticamente todos los modelos, excepto el de la circunferencia de cintura y el de la fórmula ABSI. En cuanto a la etnia, destacar que resulta significativo el cambio de mexicanos hispánicos a blancos no hispánicos (efecto protector) de forma constante para todos los índices, y también existen diferencias entre el resto de las etnias según los diferentes índices antropométricos. Ni el tabaquismo ni la actividad física no resultan significativos en ninguno de los modelos. Tabla 8.

	Covariables	IMC	newIMC	CUN_BAE	c_cintura	ratio_cc	ratio_ca	BAI	ABSI	BRI
DM	Índice antropométrico	0,079 (< 0,05)	0,061 (< 0,05)	0,093 (< 0,05)	0,044 (< 0,05)	10,083 (< 0,05)	10,083 (< 0,05)	0,065 (< 0,05)	0,726 (< 0,05)	1,064 (< 0,05)
	Edad (años)	0,062 (< 0,05)	0,062 (< 0,05)	0,054 (< 0,05)	0,058 (< 0,05)	0,047 (< 0,05)	0,047 (< 0,05)	0,056 (< 0,05)	0,045 (< 0,05)	0,052 (< 0,05)
	Sexo <i>Hombre) Mujer</i>	-0,432 (< 0,05)	-0,432 (< 0,05)	-1,459 (< 0,05)	-0,137 (0,231)	0,469 (< 0,05)	0,469 (< 0,05)	-0,891 (< 0,05)	-0,204 (0,071)	-0,828 (< 0,05)
	Raza/Etnia									
	- Mexicanos) Otros hispánicos	-0,493 (0,028)	-0,493 (0,028)	-0,491 (0,029)	-0,391 (0,091)	-0,274 (0,235)	-0,274 (0,235)	-0,391 (0,086)	-0,407 (0,072)	-0,354 (0,124)
	- Mexicanos) Blancos	-0,861 (< 0,05)	-0,861 (< 0,05)	-0,846 (< 0,05)	-0,964 (< 0,05)	-0,676 (< 0,05)	-0,676 (< 0,05)	-0,776 (< 0,05)	-0,882 (< 0,05)	-0,669 (< 0,05)
	- Mexicanos) Negros	-0,629 (< 0,05)	-0,628 (< 0,05)	-0,580 (0,001)	-0,540 (0,003)	-0,094 (0,611)	-0,094 (0,611)	-0,375 (0,038)	-0,313 (0,081)	-0,211 (0,246)
	- Mexicanos) Asiáticos	0,351 (0,069)	0,351 (0,647)	0,456 (0,020)	0,525 (0,009)	0,329 (0,099)	0,329 (0,099)	0,304 (0,124)	0,027 (0,889)	0,451 (0,024)
	- Mexicanos) Otras	0,120 (0,647)	-0,120 (0,647)	-0,264 (0,709)	-0,043 (0,875)	0,273 (0,309)	0,273 (0,309)	0,139 (0,603)	0,111 (0,674)	0,288 (0,286)
	Tabaquismo <i>Sí) No</i>	-0,140 (0,216)	-0,140 (0,216)	-0,162 (0,154)	-0,139 (0,234)	-0,127 (0,279)	-0,127 (0,279)	-0,220 (0,057)	-0,136 (0,241)	-0,198 (0,089)
Actividad moderada <i>Sí) No</i>	0,146 (0,836)	-0,146 (0,360)	0,167 (0,295)	0,229 (0,164)	0,279 (0,089)	0,279 (0,089)	0,229 (0,156)	0,243 (0,130)	0,219 (0,178)	
Actividad vigorosa <i>Sí) No</i>	0,127 (0,171)	0,174 (0,171)	0,166 (0,191)	0,131 (0,313)	0,129 (0,510)	0,129 (0,510)	0,119 (0,353)	0,061 (0,632)	0,120 (0,354)	

Tabla 8. Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica DM. Logaritmo de la odds ratio (p-valor).

Leyenda de colores: **fondo verde: estadísticamente significativo por lo que se incluye en el modelo ajustado, fondo morado: estadísticamente no significativo por lo que no se incluye en el modelo ajustado.**

En el estudio de **predicción de DLP**, tan solo la edad representa la covariable con efecto estadísticamente significativo en todos los modelos. La significación del sexo es inconstante, con un efecto diferente (aumento del riesgo / efecto protector) según el índice antropométrico. En cuanto a las etnias, tan sólo resulta significativo en cambio de mexicanos hispánicos a raza negra en algunos índices, con efecto protector. Ni el tabaquismo ni la actividad física no resultan significativos en ninguno de los modelos. Tabla 9.

	Covariables	IMC	newIMC	CUN_BAE	c_cintura	ratio_cc	ratio_ca	BAI	ABSI	BRI
DLP	Índice antropométrico	0,034 (< 0,05)	0,026 (< 0,05)	0,038 (< 0,05)	0,074 (< 0,05)	4,848 (< 0,05)	2,832 (< 0,05)	0,023 (< 0,05)	0,354 (< 0,05)	0,422 (< 0,05)
	Edad (años)	0,058 (< 0,05)	0,058 (< 0,05)	0,054 (< 0,05)	0,047 (< 0,05)	0,052 (< 0,05)	0,055 (< 0,05)	0,057 (< 0,05)	0,052 (< 0,05)	0,055 (< 0,05)
	Sexo <i>Hombre) Mujer</i>	-0,045 (0,585)	-0,045 (0,585)	-0,467 (< 0,05)	0,047 (0,575)	0,356 (< 0,05)	-0,106 (0,214)	-0,204 (0,037)	0,019 (0,821)	-0,211 (0,019)
	Raza/Etnia									
	- Mexicanos) Otros hispánicos	0,188 (0,258)	0,188 (0,258)	0,197 (0,236)	0,134 (0,434)	0,161 (0,349)	0,134 (0,436)	0,100 (0,556)	0,097 (0,569)	0,124 (0,470)
	- Mexicanos) Blancos	-0,122 (0,349)	-0,122 (0,349)	-0,105 (0,421)	-0,173 (0,196)	-0,072 (0,589)	-0,109 (0,414)	-0,122 (0,359)	-0,175 (0,189)	-0,066 (0,622)
	- Mexicanos) Negros	-0,281 (0,041)	-0,281 (0,041)	-0,252 (0,066)	-0,309 (0,028)	-0,148 (0,310)	-0,247 (0,079)	-0,284 (0,042)	-0,246 (0,082)	-0,204 (0,151)

- Mexicanos) Asiáticos	0,254 (0,097)	0,254 (0,097)	0,296 (0,054)	0,263 (0,093)	0,209 (0,0181)	0,259 (0,098)	0,149 (0,338)	0,073 (0,634)	0,226 (0,148)
- Mexicanos) Otras	-0,129 (0,531)	-0,129 (0,531)	-0,114 (0,581)	-0,106 (0,617)	-0,004 (0,986)	-0,042 (0,844)	-0,049 (0,816)	-0,099 (0,642)	-0,002 (0,992)
Tabaquismo Sí) No	-0,144 (0,084)	-0,144 (0,084)	-0,151 (0,070)	-0,132 (0,124)	-0,104 (0,224)	-0,141 (0,099)	-0,156 (0,068)	-0,115 (0,179)	-0,151 (0,077)
Actividad moderada Sí) No	-0,003 (0,979)	-0,003 (0,979)	0,002 (0,980)	-0,004 (0,967)	0,004 (0,966)	0,005 (0,962)	0,011 (0,921)	0,004 (0,967)	0,009 (0,929)
Actividad vigorosa Sí) No	-0,138 (0,127)	-0,138 (0,127)	-0,138 (0,129)	-0,144 (0,123)	-0,150 (0,108)	-0,144 (0,123)	-0,147 (0,112)	-0,164 (0,076)	-0,149 (0,109)

Tabla 9. Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica DLP. Logaritmo de la odds ratio (p-valor).

Leyenda de colores: fondo verde: estadísticamente significativo por lo que se incluye en el modelo ajustado, fondo morado: estadísticamente no significativo por lo que no se incluye en el modelo ajustado.

En el estudio de **predicción de MetS**, destaca la significación de la edad y la etnia para todos los índices antropométricos evaluados. El sexo también es significativo en prácticamente todos los modelos, excepto el de IMC y newIMC, el de circunferencia de cintura y el de la fórmula ABSI. En cuanto a la etnia, destacar que resulta significativo el cambio de mexicanos hispánicos a raza blanca en todos los modelos (efecto protector), existen también diferencias con la raza negra y con la asiática en algunos modelos. El tabaquismo tan sólo resulta significativo en el modelo de la fórmula BAI, mientras que la actividad física no resulta significativa. Tabla 10.

	Covariables	IMC	newIMC	CUN_BAE	c_cintura	ratio_cc	ratio_ca	BAI	ABSI	BRI
MetS	Índice antropométrico	0,111 (< 0,05)	0,085 (< 0,05)	0,138 (< 0,05)	0,061 (< 0,05)	15,528 (< 0,05)	9,974 (< 0,05)	0,084 (< 0,05)	1,081 (< 0,05)	1,466 (< 0,05)
	Edad (años)	0,066 (< 0,05)	0,066 (< 0,05)	0,056 (< 0,05)	0,062 (< 0,05)	0,044 (< 0,05)	0,055 (< 0,05)	0,054 (< 0,05)	0,039 (< 0,05)	0,049 (< 0,05)
	Sexo Hombre) Mujer	-0,231 (0,081)	-0,231 (0,081)	-1,738 (< 0,05)	0,138 (0,300)	1,077 (< 0,05)	-0,455 (< 0,05)	-0,863 (0,037)	0,008 (0,952)	-0,862 (< 0,05)
	Raza/Etnia									
	- Mexicanos) Otros hispánicos	-0,392 (0,146)	-0,392 (0,146)	-0,395 (0,146)	-0,419 (0,127)	-0,321 (0,247)	-0,399 (0,147)	-0,402 (0,133)	-0,489 (0,065)	-0,399 (0,143)
	- Mexicanos) Blancos	-0,822 (< 0,05)	-0,822 (< 0,05)	-0,817 (< 0,05)	-1,018 (< 0,05)	-0,645 (0,001)	-0,785 (< 0,05)	-0,702 (< 0,05)	-0,901 (< 0,05)	-0,582 (0,003)
	- Mexicanos) Negros	-0,466 (0,023)	-0,466 (0,023)	-0,429 (0,036)	-0,489 (0,019)	0,142 (0,496)	-0,239 (0,248)	-0,224 (0,269)	-0,144 (0,471)	-0,032 (0,875)
	- Mexicanos) Asiáticos	0,013 (0,957)	0,013 (0,957)	0,180 (0,471)	0,165 (0,508)	-0,131 (0,599)	0,142 (0,269)	-0,170 (0,486)	-0,527 (0,026)	0,020 (0,932)
	- Mexicanos) Otras	0,063 (0,834)	0,063 (0,834)	0,069 (0,821)	-0,082 (0,794)	0,262 (0,390)	0,171 (0,579)	-0,155 (0,603)	-0,027 (0,928)	0,312 (0,305)
	Tabaquismo Sí) No	-0,208 (0,116)	-0,208 (0,116)	-0,210 (0,113)	-0,145 (0,281)	-0,187 (0,165)	-0,184 (0,170)	-0,261 (0,047)	-0,190 (0,146)	-0,233 (0,079)
	Actividad moderada Sí) No	0,161 (0,373)	0,161 (0,373)	0,191 (0,294)	0,148 (0,424)	0,241 (0,191)	0,162 (0,379)	0,182 (0,308)	0,175 (0,321)	0,182 (0,315)
Actividad vigorosa Sí) No	0,200 (0,178)	0,200 (0,178)	0,195 (0,191)	0,183 (0,229)	0,062 (0,682)	0,184 (0,223)	0,134 (0,357)	0,006 (0,964)	0,156 (0,294)	

Tabla 10. Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica MetS. Logaritmo de la odds ratio (p-valor).

Leyenda de colores: fondo verde: estadísticamente significativo por lo que se incluye en el modelo ajustado, fondo morado: estadísticamente no significativo por lo que no se incluye en el modelo ajustado.

En el estudio de **predicción de IAM**, destaca la edad como variable de riesgo y el sexo en su efecto protector en la mujer de forma significativa en todos los modelos. La raza no resulta significativa para ningún índice antropométrico, excepto para el BRI, en el que la raza blanca y la asiática resultan tener más riesgo respecto a los mexicanos hispanicos. Ni el tabaquismo ni la actividad física resultan significativas para ninguno de los modelos. Tabla 11.

	Covariables	IMC	newIMC	CUN_BAE	c_cintura	ratio_cc	ratio_ca	BAI	ABSI	BRI
IAM	Índice antropométrico	0,045 (< 0,05)	0,034 (< 0,05)	0,049 (< 0,05)	0,021 (< 0,05)	4,750 (0,001)	3,740 (< 0,05)	0,038 (< 0,05)	0,449 (0,035)	0,584 (< 0,05)
	Edad (años)	0,080 (< 0,05)	0,080 (< 0,05)	0,076 (< 0,05)	0,078 (< 0,05)	0,073 (< 0,05)	0,077 (< 0,05)	0,075 (< 0,05)	0,069 (< 0,05)	0,075 (< 0,05)
	Sexo <i>Hombre) Mujer</i>	-1,039 (< 0,05)	-1,039 (< 0,05)	-1,591 (< 0,05)	-0,5917 (< 0,05)	-0,0651 (0,003)	-1,123 (< 0,05)	-1,348 (< 0,05)	-0,971 (< 0,05)	-1,285 (< 0,05)
	Raza/Etnia									
	- Mexicanos) Otros hispanicos	0,109 (0,794)	0,109 (0,794)	0,117 (0,781)	-0,088 (0,848)	-0,066 (0,887)	-0,086 (0,852)	-0,143 (0,755)	-0,134 (0,771)	-0,094 (0,837)
	- Mexicanos) Blancos	0,519 (0,100)	0,519 (0,100)	0,533 (0,091)	0,527 (0,108)	-0,637 (0,053)	0,605 (0,065)	0,599 (0,067)	0,519 (0,112)	0,664 (0,044)
	- Mexicanos) Negros	-0,247 (0,494)	-0,247 (0,494)	0,222 (0,540)	-0,174 (0,645)	-0,013 (0,971)	-0,080 (0,831)	-0,161 (0,669)	-0,125 (0,741)	-0,022 (0,8953)
	- Mexicanos) Asiáticos	0,396 (0,321)	0,396 (0,321)	-0,439 (0,272)	0,504 (0,218)	0,414 (0,308)	0,509 (0,213)	0,384 (0,342)	0,260 (0,517)	0,467 (0,253)
	- Mexicanos) Otras	-0,070 (0,892)	-0,070 (0,892)	-0,053 (0,919)	0,0662 (0,906)	0,164 (0,757)	0,157 (0,767)	0,106 (0,840)	0,074 (0,889)	0,209 (0,694)
	Tabaquismo <i>Sí) No</i>	-0,331 (0,063)	-0,331 (0,063)	-0,340 (0,056)	-0,242 (0,190)	-0,226 (0,223)	-0,249 (0,178)	-0,297 (0,106)	-0,230 (0,216)	-0,267 (0,149)
Actividad moderada <i>Sí) No</i>	0,134 (0,573)	0,134 (0,573)	0,135 (0,572)	0,178 (0,461)	0,217 (0,370)	0,176 (0,468)	0,187 (0,438)	0,212 (0,379)	0,178 (0,462)	
Actividad vigorosa <i>Sí) No</i>	0,021 (0,910)	0,021 (0,910)	0,025 (0,895)	-0,080 (0,683)	-0,106 (0,590)	-0,080 (0,683)	-0,066 (0,734)	-0,128 (0,515)	-0,089 (0,652)	

Tabla 11. Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica IAM. Logaritmo de la *odds ratio* (p-valor).

Leyenda de colores: **fondo verde: estadísticamente significativo por lo que se incluye en el modelo ajustado, fondo morado: estadísticamente no significativo por lo que no se incluye en el modelo ajustado.**

En el estudio de **predicción de AVC**, destaca la edad y la etnia como variables modificadoras del efecto de forma consistente en todos los modelos. En cuanto a la etnia, se observa un aumento del riesgo en población negra y multirracial/otras en comparación con los mexicanos hispanicos. No existen diferencias significativas con otros hispanicos, raza blanca ni asiáticos. Se describe también la falta de significación de la variable género, excepto en el modelo de ratio cintura-cadera, dónde parece que el sexo femenino aumenta el riesgo. A diferencia de los resultados para las otras variables fenotípicas previamente expuestos anteriormente, en los modelos para predecir AVC resulta significativo el efecto protector de no fumar, excepto para el modelo de la fórmula ABSI. La actividad física no resulta significativa para ningún índice antropométrico. Tabla 12.

	Covariables	IMC	newIMC	CUN_BAE	c_cintura	ratio_cc	ratio_ca	BAI	ABSI	BRI
AVC	Índice antropométrico	0,016 (0,253)	0,009 (0,252)	0,017 (0,141)	0,008 (0,124)	4,686 (< 0,05)	0,067 (0,067)	0,009 (0,413)	0,644 (0,001)	0,272 (0,063)
	Edad (años)	0,048 (< 0,05)	0,048 (< 0,05)	0,046 (< 0,05)	0,049 (< 0,05)	0,046 (< 0,05)	0,048 (< 0,05)	0,048 (< 0,05)	0,040 (< 0,05)	0,048 (< 0,05)
	Sexo Hombre) Mujer	0,167 (0,326)	0,167 (0,326)	-0,034 (0,881)	0,205 (0,241)	0,514 (0,011)	0,101 (0,575)	0,087 (0,676)	0,200 (0,255)	0,023 (0,906)
	Raza/Etnia - Mexicanos) Otros hispánicos	-0,128 (0,776)	-0,128 (0,776)	-0,125 (0,782)	-0,250 (0,611)	-0,104 (0,836)	-0,245 (0,619)	-0,181 (0,718)	-0,220 (0,655)	-0,244 (0,621)
	- Mexicanos) Blancos	0,371 (0,256)	0,371 (0,256)	0,380 (0,245)	0,413 (0,224)	0,607 (0,087)	0,449 (0,187)	0,549 (0,119)	0,401 (0,240)	0,480 (0,161)
	- Mexicanos) Negros	0,852 (0,009)	0,852 (0,009)	0,863 (0,008)	0,912 (0,007)	1,193 (< 0,05)	0,953 (0,005)	1,059 (0,003)	1,056 (0,002)	0,989 (0,004)
	- Mexicanos) Asiáticos	-0,697 (0,173)	-0,697 (0,173)	-0,664 (0,196)	-0,560 (0,282)	-0,417 (0,429)	-0,541 (0,299)	-0,518 (0,326)	-0,627 (0,226)	-0,546 (0,294)
	- Mexicanos) Otras	1,266 (0,002)	1,266 (0,002)	1,277 (0,001)	1,387 (0,001)	1,587 (< 0,05)	1,374 (0,001)	1,500 (< 0,05)	1,355 (0,001)	1,409 (0,001)
	Tabaquismo Sí) No	-0,036 (0,035)	-0,036 (0,035)	-0,363 (0,033)	-0,365 (0,038)	-0,358 (0,044)	-0,389 (0,028)	-0,408 (0,020)	-0,335 (0,060)	-0,397 (0,025)
	Actividad moderada Sí) No	0,194 (0,406)	0,194 (0,406)	0,196 (0,402)	0,152 (0,521)	0,164 (0,489)	0,187 (0,436)	0,189 (0,424)	0,177 (0,459)	0,190 (0,427)
	Actividad vigorosa Sí) No	-0,067 (0,716)	-0,067 (0,716)	-0,064 (0,728)	-0,039 (0,838)	-0,049 (0,796)	-0,027 (0,887)	-0,045 (0,810)	-0,066 (0,728)	-0,031 (0,869)

Tabla 12. Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica AVC. Logaritmo de la *odds ratio* (p-valor).

Leyenda de colores: **fondo verde:** estadísticamente significativo por lo que se incluye en el modelo ajustado, **fondo morado:** estadísticamente no significativo por lo que no se incluye en el modelo ajustado.

Por último, en el estudio de **predicción de MACE** se obtiene una significación prácticamente constante de la edad (aumento del riesgo), el género (el sexo femenino es protector), la raza (la raza blanca y las multirraciales/otras incrementan el riesgo respecto los mexicanos hispánicos), y el tabaquismo (efecto protector de haber fumado < 100 cigarrillos). La excepción es la falta de significación de la variable sexo en el modelo basado en la ratio cintura-cadera. La actividad física no resulta significativa para el modelo de ninguno de los índices antropométricos evaluados. Tabla 13.

	Covariables	IMC	newIMC	CUN_BAE	c_cintura	ratio_cc	ratio_ca	BAI	ABSI	BRI
MACE	Índice antropométrico	0,026 (0,007)	0,017 (0,015)	0,025 (0,007)	0,013 (0,002)	4,593 (< 0,05)	2,613 (< 0,05)	0,024 (0,011)	0,648 (< 0,05)	0,464 (< 0,05)
	Edad (años)	0,065 (< 0,05)	0,067 (< 0,05)	0,065 (< 0,05)	0,067 (< 0,05)	0,063 (< 0,05)	0,065 (< 0,05)	0,065 (< 0,05)	0,056 (< 0,05)	0,064 (< 0,05)
	Sexo Hombre) Mujer	-0,802 (< 0,05)	-0,511 (< 0,05)	-0,802 (< 0,05)	-0,454 (0,001)	-0,155 (0,338)	-0,598 (< 0,05)	-0,722 (< 0,05)	-0,458 (0,001)	-0,739 (< 0,05)
	Raza/Etnia - Mexicanos) Otros hispánicos	0,035 (0,918)	0,032 (0,924)	0,035 (0,918)	-0,119 (0,751)	-0,102 (0,785)	-0,110 (0,768)	-0,960 (0,596)	-0,143 (0,573)	-0,109 (0,772)
	- Mexicanos) Blancos	0,650 (0,011)	0,641 (0,012)	0,650 (0,011)	0,682 (0,011)	0,781 (0,004)	0,738 (0,006)	0,687 (0,009)	0,678 (0,012)	0,795 (0,003)

- Mexicanos) Negros	0,475 (0,077)	0,461 (0,086)	0,475 (0,077)	0,503 (0,074)	0,668 (0,019)	0,574 (0,042)	0,492 (0,075)	0,623 (0,028)	0,638 (0,025)
- Mexicanos) Asiáticos	-0,014 (0,967)	-0,042 (0,899)	-0,014 (0,967)	0,101 (0,772)	0,109 (0,752)	0,132 (0,702)	-0,013 (0,967)	-0,004 (0,988)	0,130 (0,707)
- Mexicanos) Otras	1,017 ($< 0,05$)	1,004 (0,004)	1,017 (0,004)	1,157 (0,002)	1,255 ($< 0,05$)	1,149 (0,002)	1,122 (0,002)	1,112 (0,002)	1,201 (0,001)
Tabaquismo Sí) No	-0,449 ($< 0,05$)	-0,444 ($< 0,05$)	-0,449 ($< 0,05$)	-0,426 (0,002)	-0,405 (0,004)	-0,443 (0,001)	-0,445 (0,001)	-0,407 (0,004)	-0,455 (0,001)
Actividad moderada Sí) No	0,301 (0,108)	0,301 (0,108)	0,301 (0,108)	0,294 (0,123)	0,305 (0,111)	0,314 (0,101)	0,334 (0,078)	0,327 (0,089)	0,319 (0,097)
Actividad vigorosa Sí) No	-0,014 (0,923)	-0,014 (0,922)	-0,014 (0,923)	-0,040 (0,790)	-0,053 (0,729)	-0,034 (0,819)	-0,052 (0,729)	-0,092 (0,547)	-0,038 (0,801)

Tabla 13. Estudio del efecto de las covariables para la variable fenotípica MACE. Logaritmo de la *odds ratio* (p-valor).
Leyenda de colores: **fondo verde: estadísticamente significativo por lo que se incluye en el modelo ajustado,**
fondo morado: estadísticamente no significativo por lo que no se incluye en el modelo ajustado.

4.6 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PODER DISCRIMINATIVO MEDIANTE EL AUC DE LAS CURVAS ROC

El AUC de las curvas ROC como medida del poder discriminativo de cada índice antropométrico de adiposidad para cada una de las variables fenotípicas evaluadas (HTA, DM, DLP, MetS), mejora en todos los modelos ajustados con las covariables edad, sexo, población, tabaquismo, actividad física moderada y actividad física vigorosa.

Para HTA, el modelo con mayor poder discriminativo es el modelo ajustado de CUN-BAE (AUC 0,823 IC95% 0,802-0,843), seguido del modelo ajustado de la circunferencia de cintura (AUC 0,822 IC95% 0,801-0,843). Para DM, es el modelo ajustado de ratio cintura-cadera (AUC 0,815 IC95% 0,788-0,843), seguido del ratio cintura-altura (AUC 0,805 IC95% 0,778-0,833) y de la circunferencia de cintura (AUC 0,803 IC95% 0,776-0,831). Para DLP, es el modelo ajustado de la fórmula CUN-BAE (AUC 0,754 IC95% 0,730-0,779), seguido de la circunferencia de cintura (AUC 0,753 IC95% 0,728-0,778) y de la ratio cintura-cadera (AUC 0,752 IC95% 0,728-0,779). En referencia al poder discriminativo para MetS, el modelo más potente es el modelo ajustado de la circunferencia de cintura (AUC 0,828 IC95% 0,801-0,855), seguido de la ratio cintura-altura (AUC 0,811 IC95% 0,783-0,839) y de la fórmula CUN-BAE (AUC 0,819 IC95% 0,791-0,847).

El modelo no ajustado con menor poder discriminativo para HTA, DM y DLP, es el basado en la fórmula BAI (AUC 0,599 IC95% 0,570-0,669 para HTA; AUC 0,580 IC95% 0,535-0,626 para DM; AUC 0,547 IC95% 0,515-0,78 para DLP). En los modelos ajustados, el modelo con menor poder discriminativo para HTA, DM y DLP, pasa a ser el basado en la fórmula ABSI (AUC 0,792 IC95% 0,769-0,815 para HTA; AUC 0,777 IC95% 0,747-0,807 para DM; AUC 0,745 IC95% 0,719-0,770 para DLP). En el caso del MetS, los modelos con menor poder discriminativo son los basados en la fórmula ABSI, tanto en el modelo de regresión simple (AUC 0,672 IC95% 0,629-0,716), como en el modelo múltiple ajustado (AUC 0,742 IC95% 0,707-0,776).

En el estudio de los eventos vasculares también todos los modelos mejoran en la versión ajustada. Para la discriminación de IAM, el modelo con más potencia es el que se basa en la fórmula BRI (AUC 0,855 IC95% 0,817-0,892), seguido de la ratio cintura-cadera (AUC 0,846 IC95% 0,807-0,884). Para la discriminación de AVC, el modelo con más potencia también es el que se basa en la fórmula BRI (AUC 0,819 IC95% 0,780-0,858), seguido de la circunferencia de cintura y la ratio cintura-altura (ambas con AUC 0,818 IC95% 0,779-0,858). En referencia a la enfermedad cardiovascular compuesta MACE, el modelo con el mayor poder discriminativo es el de la ratio cintura-cadera (AUC 0,796 IC95% 0,759-0,833).

4.7 RESUMEN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIABLE “HTA”

Hipertensión arterial (HTA)										
<i>Modelo Simple</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,056	1,046	1,066	< 2,2e-16	0,636	0,608	0,664	0,366	0,591	0,623
newIMC	1,043	1,035	1,051	< 2,2e-16	0,636	0,608	0,664	0,366	0,591	0,623
CUN_BAE	1,049	1,042	1,057	< 2,2e-16	0,652	0,625	0,680	0,323	0,421	0,801
circ_cint	1,036	1,031	1,040	< 2,2e-16	0,686	0,659	0,713	0,345	0,572	0,723
ratio_cc	2748,471	1078,244	7124,515	< 2,2e-16	0,683	0,655	0,710	0,355	0,547	0,726
ratio_ca	480,583	230,796	1013,894	< 2,2e-16	0,684	0,656	0,711	0,366	0,609	0,680
BAI	1,042	1,033	1,052	< 2,2e-16	0,599	0,570	0,629	0,364	0,571	0,589
ABSI	3,284	2,838	3,809	< 2,2e-16	0,680	0,653	0,708	0,307	0,441	0,846
BRI	2,444	2,180	2,746	< 2,2e-16	0,663	0,635	0,691	0,398	0,679	0,572
<i>Modelo Ajustado</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,073	1,061	1,085	< 2,2e-16	0,820	0,799	0,840	0,292	0,634	0,869
newIMC	1,056	1,046	1,065	< 2,2e-16	0,820	0,799	0,840	0,292	0,634	0,869
CUN_BAE	1,076	1,064	1,089	< 2,2e-16	0,823	0,802	0,843	0,315	0,662	0,855
circ_cint	1,034	1,029	1,039	< 2,2e-16	0,822	0,801	0,843	0,364	0,711	0,793
ratio_cc	688,675	197,318	2439,376	< 2,2e-16	0,813	0,792	0,835	0,313	0,654	0,869
ratio_ca	251,759	107,110	599,572	< 2,2e-16	0,820	0,799	0,841	0,319	0,664	0,849
BAI	1,062	1,049	1,074	< 2,2e-16	0,807	0,785	0,829	0,326	0,673	0,823
ABSI	1,380	1,150	1,658	< 2,2e-16	0,792	0,769	0,815	0,362	0,696	0,785
BRI	2,358	2,044	2,725	< 2,2e-16	0,815	0,793	0,836	0,307	0,644	0,857

Tabla 14. Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta. Hipertensión arterial (HTA), para cada uno de los índices antropométricos.

AUROC: área bajo la ROC. PC: punto de corte que maximiza E y S. E: especificidad. S: sensibilidad.

Legenda de colores: < 0,6: test malo, 0,6-0,74: test regular, 0,75-0,9: test bueno, mejor/es test/s. No significativo.

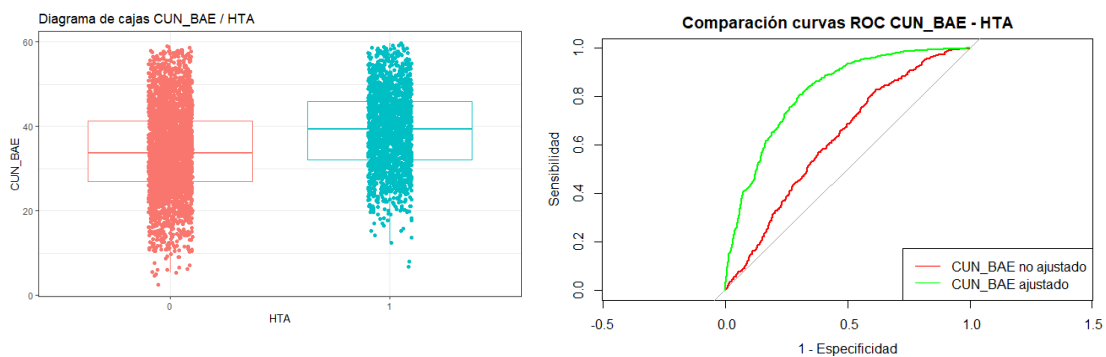


Figura 2. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (CUN-BAE) para HTA, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no HTA / 1 = si HTA) y la dispersión de dichos índices antropométricos.

4.8 RESUMEN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIABLE “DM”

Diabetes mellitus (DM)										
<i>Modelo Simple</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,051	1,038	1,063	8,684e-16	0,626	0,587	0,665	0,105	0,447	0,737
newIMC	1,039	1,029	1,048	8,684e-16	0,626	0,587	0,665	0,105	0,447	0,737
CUN_BAE	1,041	1,031	1,052	< 2,2e-16	0,616	0,575	0,657	0,141	0,712	0,449
circ_cint	1,036	1,030	1,042	< 2,2e-16	0,675	0,638	0,713	0,087	0,397	0,880
ratio_cc	23114,140	5758,896	95944,960	< 2,2e-16	0,723	0,687	0,759	0,126	0,656	0,698
ratio_ca	423,562	164,128	1105,520	< 2,2e-16	0,687	0,650	0,725	0,110	0,582	0,699
BAI	1,036	1,024	1,048	1,726e-09	0,580	0,535	0,626	0,122	0,644	0,522
ABSI	4,086	3,321	5,048	< 2,2e-16	0,694	0,657	0,731	0,119	0,703	0,703
BRI	2,353	2,033	2,728	< 2,2e-16	0,679	0,640	0,718	0,128	0,683	0,596
<i>Modelo Ajustado</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,082	1,067	1,098	8,684e-16	0,792	0,765	0,820	0,117	0,643	0,859
newIMC	1,063	1,051	1,074	8,684e-16	0,792	0,765	0,820	0,117	0,643	0,859
CUN_BAE	1,097	1,079	1,115	< 2,2e-16	0,791	0,764	0,818	0,117	0,643	0,848
circ_cint	1,045	1,038	1,052	< 2,2e-16	0,803	0,776	0,831	0,110	0,643	0,869
ratio_cc	24537,580	3834,072	163335,900	< 2,2e-16	0,815	0,788	0,843	0,145	0,729	0,802
ratio_ca	1333,636	410,460	4412,881	< 2,2e-16	0,805	0,778	0,833	0,113	0,651	0,852
BAI	1,067	1,051	1,083	1,726e-09	0,778	0,749	0,807	0,090	0,568	0,897
ABSI	2,149	1,669	2,776	< 2,2e-16	0,777	0,747	0,807	0,113	0,635	0,830
BRI	2,876	2,375	3,490	< 2,2e-16	0,802	0,775	0,829	0,099	0,608	0,885

Tabla 15. Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta. Diabetes mellitus (DM), para cada uno de los índices antropométricos.

AUROC: área bajo la ROC. PC: punto de corte que maximiza E y S. E: especificidad. S: sensibilidad.

Legenda de colores: < 0,6: test malo, 0,6-0,74: test regular, 0,75-0,9: test bueno, mejor/es test/s. No significativo.

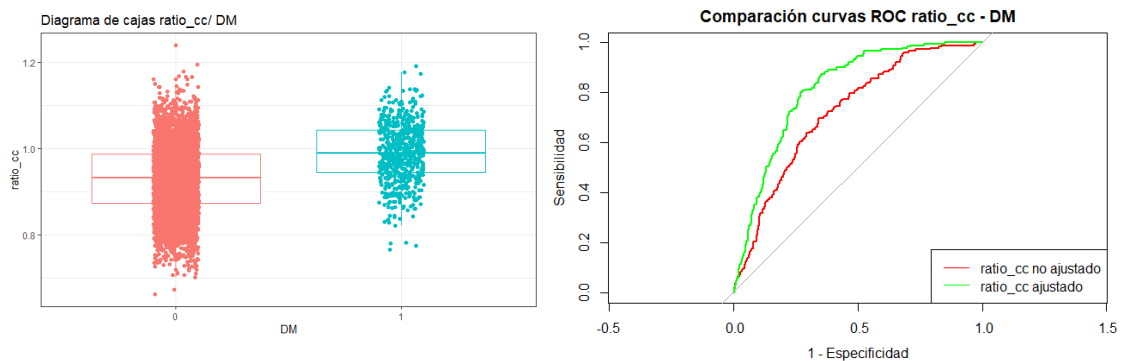


Figura 3. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (ratio_cc) para DM, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no DM / 1 = si DM) y la dispersión de dicho índice antropométrico.

4.9 RESUMEN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIABLE “DLP”

Dislipemia (DLP)										
<i>Modelo Simple</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,024	1,015	1,034	2,788e-07	0,579	0,550	0,609	0,296	0,491	0,651
newIMC	1,019	1,011	1,026	2,788e-07	0,579	0,550	0,609	0,296	0,491	0,651
CUN_BAE	1,031	1,023	1,038	< 2,2e-16	0,581	0,552	0,611	0,258	0,289	0,838
circ_cint	1,021	1,017	1,026	< 2,2e-16	0,617	0,588	0,646	0,282	0,491	0,713
ratio_cc	984,762	383,794	2564,857	< 2,2e-16	0,655	0,625	0,684	0,300	0,569	0,671
ratio_ca	45,300	22,468	91,938	< 2,2e-16	0,621	0,592	0,650	0,268	0,423	0,769
BAI	1,019	1,011	1,028	0,00001384	0,547	0,515	0,578	0,301	0,576	0,512
ABSI	3,497	3,002	4,085	< 2,2e-16	0,655	0,626	0,684	0,322	0,655	0,594
BRI	1,792	1,607	2,000	< 2,2e-16	0,611	0,582	0,641	0,275	0,456	0,724
<i>Modelo Ajustado</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,032	1,021	1,043	2,788e-07	0,749	0,725	0,774	0,366	0,725	0,674
newIMC	1,025	1,016	1,033	2,788e-07	0,749	0,725	0,774	0,344	0,692	0,699
CUN_BAE	1,040	1,028	1,051	< 2,2e-16	0,754	0,730	0,779	0,360	0,725	0,680
circ_cint	1,019	1,014	1,024	< 2,2e-16	0,753	0,728	0,778	0,305	0,655	0,751
ratio_cc	123,563	36,292	425,588	< 2,2e-16	0,753	0,728	0,779	0,335	0,686	0,716
ratio_ca	15,721	6,974	35,546	< 2,2e-16	0,752	0,727	0,777	0,354	0,726	0,688
BAI	1,023	1,011	1,034	0,00001384	0,749	0,724	0,775	0,365	0,730	0,666
ABSI	1,435	1,198	1,720	< 2,2e-16	0,745	0,719	0,770	0,364	0,728	0,659
BRI	1,511	1,322	1,728	< 2,2e-16	0,752	0,752	0,777	0,356	0,732	0,684

Tabla 16. Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta. Dislipemia (DLP), para cada uno de los índices antropométricos.

AUROC: área bajo la ROC. PC: punto de corte que maximiza E y S. E: especificidad. S: sensibilidad.

Legenda de colores: < 0,6: test malo, 0,6-0,74: test regular, 0,75-0,9: test bueno, mejor/es test/s. No significativo.

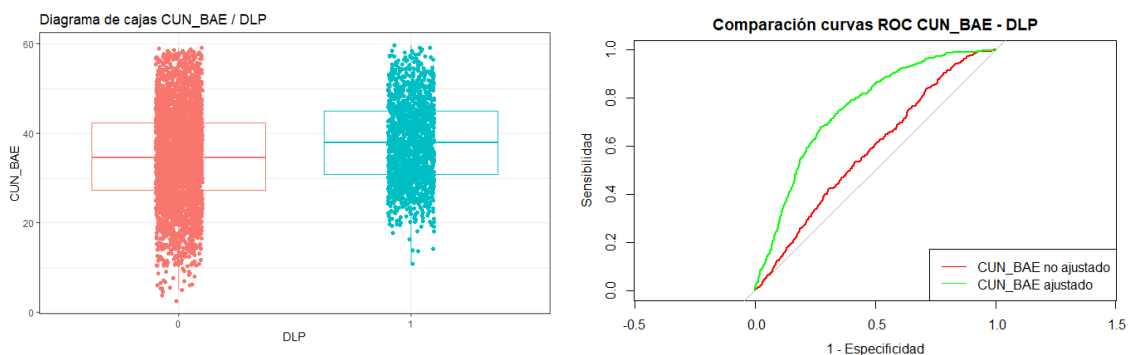


Figura 4. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (CUN-BAE) para DLP, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no DLP / 1 = si DLP) y la dispersión de dicho índice antropométrico.

4.10 RESUMEN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIABLE “METS”

Síndrome metabólico (MetS)										
<i>Modelo Simple</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,081	1,066	1,097	< 2,2e-16	0,741	0,706	0,775	0,075	0,495	0,897
newIMC	1,062	1,051	1,074	< 2,2e-16	0,741	0,706	0,775	0,075	0,495	0,897
CUN_BAE	1,070	1,057	1,084	< 2,2e-16	0,738	0,703	0,774	0,081	0,533	0,827
circ_cint	1,051	1,046	1,057	< 2,2e-16	0,767	0,734	0,800	0,087	0,645	0,783
ratio_cc	339965	63358	1923487	< 2,2e-16	0,682	0,640	0,724	0,116	0,748	0,510
ratio_ca	5331	1734	16823	< 2,2e-16	0,793	0,763	0,822	0,070	0,552	0,910
BAI	1,058	1,044	1,071	< 2,2e-16	0,715	0,675	0,755	0,098	0,693	0,647
ABSI	4,959	3,908	6,330	< 2,2e-16	0,672	0,629	0,716	0,080	0,574	0,718
BRI	3,344	2,816	3,984	< 2,2e-16	0,780	0,748	0,812	0,083	0,623	0,833
<i>Modelo Ajustado</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,115	1,097	1,135	< 2,2e-16	0,812	0,784	0,841	0,063	0,576	0,929
newIMC	1,088	1,074	1,102	< 2,2e-16	0,812	0,784	0,841	0,063	0,576	0,929
CUN_BAE	1,149	1,126	1,174	< 2,2e-16	0,819	0,791	0,847	0,073	0,630	0,897
circ_cint	1,063	1,054	1,072	< 2,2e-16	0,828	0,801	0,855	0,084	0,692	0,873
ratio_cc	5531890	576296	57235361	< 2,2e-16	0,792	0,762	0,822	0,064	0,608	0,866
ratio_ca	22493	5708	92035	< 2,2e-16	0,825	0,798	0,852	0,079	0,671	0,872
BAI	1,088	1,070	1,107	< 2,2e-16	0,786	0,755	0,817	0,080	0,620	0,846
ABSI	3,011	2,261	4,029	< 2,2e-16	0,742	0,707	0,776	0,080	0,608	0,827
BRI	4,344	3,482	5,447	< 2,2e-16	0,811	0,783	0,839	0,063	0,590	0,929

Tabla 17. Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta. Síndrome metabólico (MetS), para cada uno de los índices antropométricos.

AUROC: área bajo la ROC. PC: punto de corte que maximiza E y S. E: especificidad. S: sensibilidad.

Legenda de colores: < 0,6: test malo, 0,6-0,74: test regular, 0,75-0,9: test bueno, mejor/es test/s. No significativo.

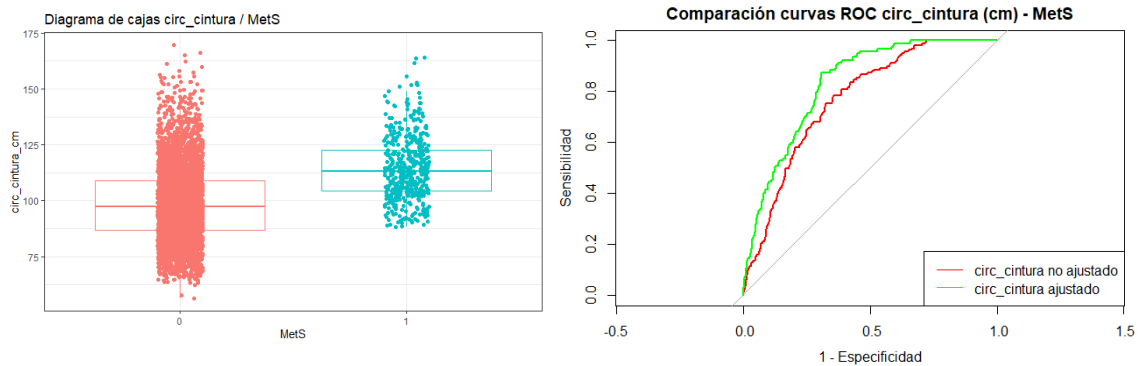


Figura 5. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (circ_cintura) para MetS, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no MetS / 1 = si MetS) y la dispersión de dicho índice antropométrico.

4.11 RESUMEN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIABLE “IAM”

Enfermedad coronaria (IAM)										
<i>Modelo Simple</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,012	0,991	1,033	0,243	0,557	0,491	0,622	0,044	0,422	0,739
newIMC	1,010	0,993	1,025	0,243	0,557	0,491	0,622	0,044	0,422	0,739
CUN_BAE	1,001	0,986	1,017	0,869	0,509	0,449	0,568	0,046	0,413	0,739
circ_cint	1,023	1,014	1,032	6,135e-07	0,669	0,604	0,733	0,046	0,634	0,656
ratio_cc	22092,640	2491,290	207706,200	< 2,2e-16	0,741	0,679	0,803	0,056	0,740	0,672
ratio_ca	24,911	5,502	110,666	3,55e-05	0,651	0,586	0,715	0,046	0,626	0,656
BAI	0,992	0,971	1,012	0,428	0,498	0,430	0,566	0,046	0,499	0,545
ABSI	5,061	3,660	7,051	< 2,2e-16	0,778	0,720	0,836	0,056	0,770	0,688
BRI	1,415	1,112	1,793	0,005	0,608	0,543	0,674	0,046	0,046	0,625
<i>Modelo Ajustado</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,044	1,019	1,070	0,243	0,834	0,795	0,872	0,058	0,736	0,797
newIMC	1,034	1,015	1,053	0,243	0,834	0,795	0,872	0,058	0,736	0,797
CUN_BAE	1,049	1,023	1,076	0,869	0,835	0,796	0,873	0,055	0,730	0,797
circ_cint	1,022	1,011	1,033	6,135e-07	0,843	0,803	0,882	0,053	0,734	0,813
ratio_cc	155,222	9,569	2597,824	< 2,2e-16	0,846	0,807	0,884	0,035	0,646	0,891
ratio_ca	44,662	6,628	297,485	3,55e-05	0,843	0,804	0,882	0,048	0,712	0,828
BAI	1,038	1,011	1,065	0,428	0,832	0,793	0,872	0,062	0,756	0,758
ABSI	1,768	1,180	2,657	< 2,2e-16	0,841	0,802	0,881	0,073	0,813	0,719
BRI	1,800	1,294	2,497	0,005	0,855	0,817	0,892	0,040	0,699	0,875

Tabla 18. Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta. Enfermedad coronaria (IAM), para cada uno de los índices antropométricos.

AUROC: área bajo la ROC. PC: punto de corte que maximiza E y S. E: especificidad. S: sensibilidad.

Leyenda de colores: < 0,6: test malo, 0,6-0,74: test regular, 0,75-0,9: test bueno, mejor/es test/s. No significativo.

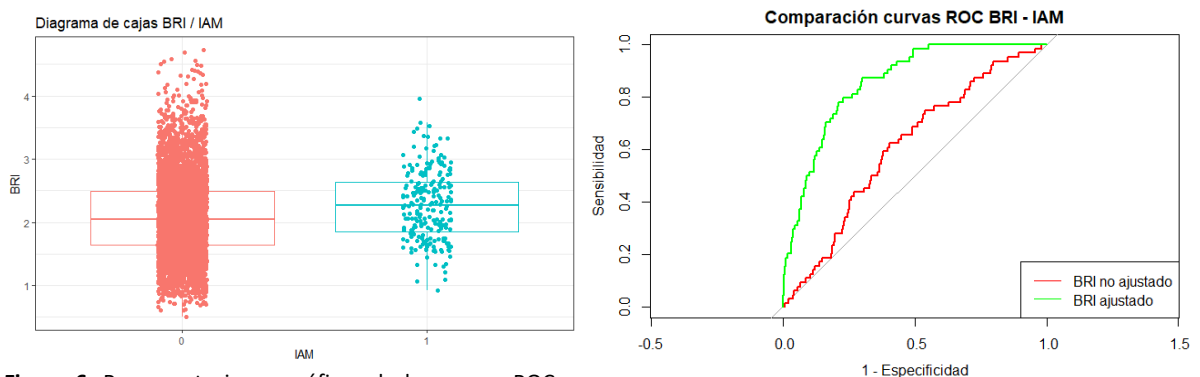


Figura 6. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (BRI) para IAM, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no IAM / 1 = si IAM) y la dispersión para dicho índice antropométrico.

4.12 RESUMEN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIABLE “AVC”

Enfermedad cerebrovascular (AVC)										
<i>Modelo Simple</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,014	0,993	1,033	0,194	0,507	0,438	0,576	0,044	0,625	0,461
newIMC	1,010	0,995	1,026	0,194	0,507	0,438	0,576	0,044	0,625	0,461
CUN_BAE	1,026	1,010	1,043	0,001	0,533	0,471	0,596	0,043	0,474	0,632
circ_cint	1,015	1,006	1,024	0,002	0,556	0,486	0,626	0,038	0,330	0,779
ratio_cc	163,041	20,475	1337,820	0,000001229	0,606	0,542	0,669	0,044	0,557	0,672
ratio_ca	15,442	3,318	70,314	0,001	0,563	0,494	0,632	0,047	0,659	0,471
BAI	1,015	0,996	1,034	0,127	0,522	0,447	0,597	0,047	0,736	0,373
ABSI	3,369	2,442	4,667	7,335E-14	0,687	0,628	0,745	0,044	0,620	0,620
BRI	1,491	1,174	1,885	0,001	0,567	0,500	0,633	0,049	0,722	0,426
<i>Modelo Ajustado</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,014	0,992	1,036	0,194	0,814	0,776	0,852	0,038	0,597	0,921
newIMC	1,011	0,994	1,027	0,194	0,814	0,776	0,852	0,038	0,597	0,921
CUN_BAE	1,017	1,000	1,035	0,001	0,814	0,775	0,852	0,033	0,560	0,961
circ_cint	1,008	0,997	1,018	0,002	0,818	0,779	0,858	0,037	0,607	0,926
ratio_cc	108,041	7,305	1646,316	0,000001229	0,800	0,760	0,841	0,030	0,557	0,940
ratio_ca	5,932	1,072	31,882	0,001	0,818	0,779	0,858	0,033	0,573	0,956
BAI	1,014	0,994	1,033	0,126	0,821	0,781	0,860	0,032	0,569	0,970
ABSI	1,964	1,340	2,889	7,335E-14	0,809	0,769	0,850	0,056	0,734	0,779
BRI	1,336	1,028	1,726	0,001	0,819	0,780	0,858	0,033	0,580	0,956

Tabla 19. Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta. Enfermedad cerebrovascular (AVC), para cada uno de los índices antropométricos.

AUROC: área bajo la ROC. PC: punto de corte que maximiza E y S. E: especificidad. S: sensibilidad.

Legenda de colores: < 0,6: test malo, 0,6-0,74: test regular, 0,75-0,9: test bueno, mejor/es test/s. No significativo.

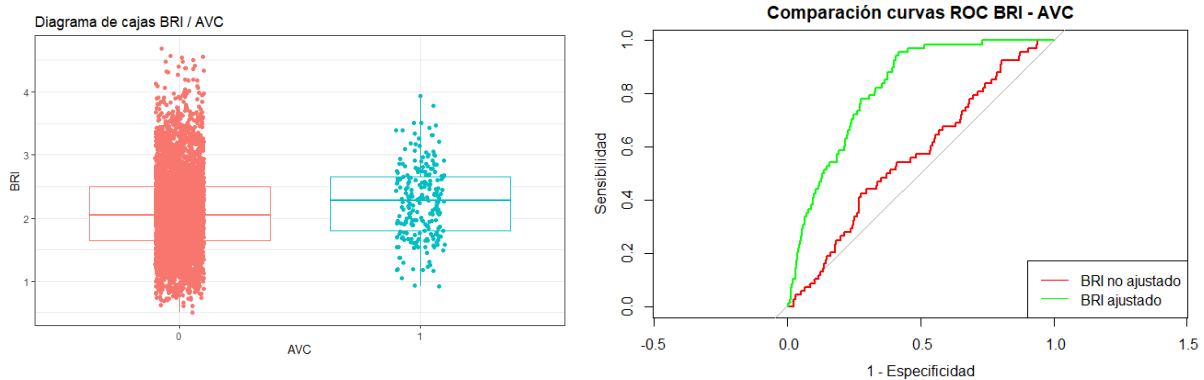


Figura 7. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (BRI) para AVC, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no AVC / 1 = si AVC) y la dispersión para dicho índice antropométrico.

4.13 RESUMEN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIABLE “MACE”

Enfermedad cardiovascular (MACE)										
<i>Modelo Simple</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,009	0,993	1,024	0,252	0,544	0,492	0,596	0,082	0,340	0,769
newIMC	1,007	0,995	1,019	0,252	0,544	0,492	0,596	0,082	0,340	0,769
CUN_BAE	1,010	0,999	1,022	0,085	0,544	0,495	0,593	0,078	0,255	0,876
circ_cint	1,019	1,012	1,026	6,142e-08	0,619	0,568	0,670	0,074	0,439	0,779
ratio_cc	2838,696	565,019	14719,180	< 2,2e-16	0,667	0,616	0,718	0,092	0,652	0,631
ratio_ca	20,144	6,426	62,674	3,23e-07	0,604	0,553	0,654	0,079	0,539	0,646
BAI	1,002	0,987	1,017	0,751	0,517	0,462	0,571	0,083	0,504	0,563
ABSI	4,966	3,836	6,470	< 2,2e-16	0,707	0,658	0,755	0,074	0,575	0,743
BRI	1,474	1,229	1,765	3,29e-05	0,580	0,529	0,630	0,084	0,623	0,522
<i>Modelo Ajustado</i>	ODDS	IC95%		p valor	AUROC	IC95%		PC	E	S
IMC	1,022	1,004	1,041	0,252	0,778	0,742	0,814	0,082	0,340	0,769
newIMC	1,017	1,003	1,031	0,252	0,778	0,742	0,814	0,053	0,557	0,876
CUN_BAE	1,026	1,007	1,046	0,085	0,779	0,743	0,816	0,062	0,596	0,843
circ_cint	1,013	1,005	1,022	6,142e-08	0,791	0,754	0,829	0,083	0,678	0,788
ratio_cc	102,425	12,444	864,881	< 2,2e-16	0,796	0,759	0,833	0,081	0,671	0,784
ratio_ca	13,939	3,469	55,673	3,23e-07	0,791	0,754	0,829	0,145	0,816	0,637
BAI	1,025	1,005	1,044	0,751	0,790	0,752	0,828	0,067	0,621	0,839
ABSI	1,927	1,410	2,642	< 2,2e-16	0,793	0,757	0,830	0,074	0,575	0,743
BRI	1,592	1,260	2,009	3,29e-05	0,789	0,751	0,827	0,146	0,816	0,637

Tabla 20. Resultados análisis de regresión logística simple y regresión logística múltiple para la variable respuesta. Enfermedad cardiovascular compuesta (MACE), para cada uno de los índices antropométricos. AUROC: área bajo la ROC. PC: punto de corte que maximiza E y S. E: especificidad. S: sensibilidad. Legenda de colores: < 0,6: test malo, 0,6-0,74: test regular, 0,75-0,9: test bueno, mejor/es test/s. No significativo.

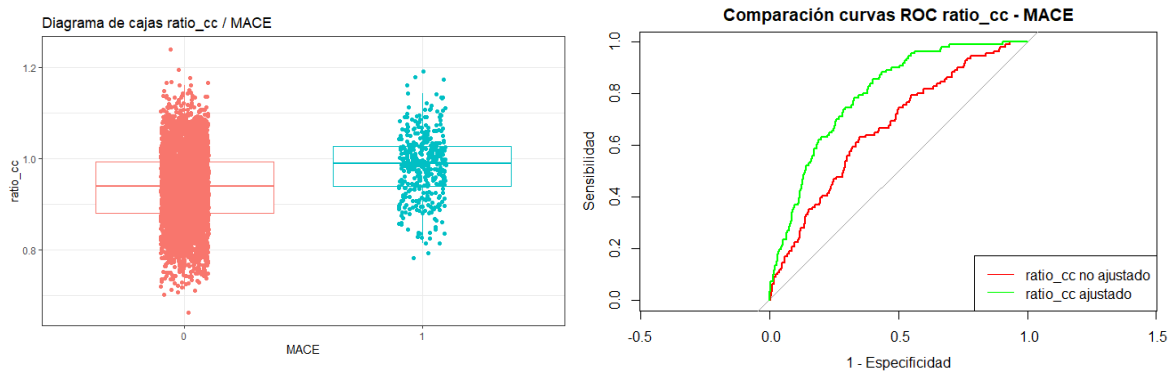


Figura 8. Representaciones gráficas de las curvas ROC del índice con mayor poder discriminativo (ratio_cc) para MACE, comparando el modelo simple con el modelo ajustado. A la izquierda se muestra el diagrama de cajas (0 = no MACE / 1 = si MACE) y la dispersión para dicho índice antropométrico.

5. DISCUSIÓN

5.1 ESTUDIO DE CORRELACIÓN: índices antropométricos – grasa corporal total

Como se había publicado previamente, la fórmula CUN-BAE presenta una buena asociación con la grasa corporal total [1], y en el presente estudio constituye el índice antropométrico con mejor correlación con la grasa corporal medida por DEXA. A pesar de ello, la mayoría del resto de índices antropométricos presentan una correlación razonable y significativa con el porcentaje de grasa corporal, a excepción de la ya descrita baja correlación de la fórmula ABSI [1] y de la ratio cadera-altura. Además, en el presente trabajo destaca la correlación de la fórmula BAI con la grasa corporal total, que también se había descrito con anterioridad [1,20].

5.2 COVARIABLES

Las *odds ratio* y las AUC de las ROC mejoran en todos los modelos ajustados por las covariables edad, sexo, población, tabaquismo, actividad física moderada y actividad física vigorosa. Este es el resultado esperable y plausible, al estar consistentemente establecidos la edad, el sexo y el tabaquismo como factores de riesgo cardiovascular [7]. En cuanto al sexo, se han obtenido resultados inconsistentes para algunos de los modelos de las variables fenotípicas evaluadas, siendo no significativo o describiéndose un mayor riesgo en mujeres (ejemplo, en el modelo de ratio cintura-cadera para la predicción de AVC). Está ampliamente descrito que el riesgo cardiometabólico y la enfermedad cardiovascular presentan un dimorfismo sexual, con mayor incidencia y prevalencia en varones respecto a mujeres, y en las mujeres se incrementa el riesgo en estado de postmenopausia [21]. Parece que dicho dimorfismo sexual se explicaría por el efecto protector de los estrógenos que provocan diferencias género específicas en la distribución de la grasa corporal i del músculo esquelético, así como en el metabolismo hepático, muscular i del tejido adiposo [21]. Teniendo en cuenta que la media de edad de la muestra en la que se ha realizado el análisis es de 51 años, se puede proponer que estos resultados inconsistentes para la covariable género pueden estar condicionadas, al menos en parte, por una proporción posiblemente importante de mujeres peri/postmenopáusicas. Probablemente la baja consistencia del tabaquismo y la actividad física en este análisis resulta de las propias definiciones y posibles sesgos en la recopilación de los datos.

También está ampliamente descrito que los diferentes grupos poblacionales raciales/étnicos presentan características genéticas y ambientales específicas que les condicionan diferente riesgo cardiovascular ante fenotipos físicos similares [7,19], por lo que se hace evidente que se trata de una variable relevante a tener en cuenta en los estudios de los índices antropométricos de adiposidad como predictores del riesgo cardiovascular. Este hecho se pone de manifiesto en la propuesta de definición de MetS con una medida del perímetro de cintura distinta adaptada a poblaciones específicas [7,22]. Por dicha razón, los resultados de estudios previos sobre el poder predictivo de algunos índices antropométricos para el riesgo cardiovascular realizados en grupos raciales determinados [1-4,6] no son generalizables. El presente trabajo aporta unos modelos realizados sobre una muestra muy heterogénea con representantes de distintos grupos étnicos y, por lo tanto, con mayor validez externa.

5.3 FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR Y SÍNDROME METABÓLICO

Para los cuatro factores de riesgo cardiovascular evaluados (HTA, DM, DLP, MetS), los índices antropométricos basados en el peso (IMC, newIMC, CUN-BAE) presentan una *odds ratio* menor que la mayoría de los índices antropométricos basados en la forma (ratio cintura-cadera, ratio cintura-altura, ABSI y BRI), a excepción de la circunferencia de cintura y la fórmula BAI en los modelos no ajustados. En los modelos ajustados se mantienen estas diferencias, a excepción de la mejora de la fórmula BAI respecto el newIMC en su asociación con DM.

Atendiendo al poder predictivo de los modelos basados en el AUC, tanto para HTA como para DLP, los modelos ajustados basados en la fórmula CUN-BAE presentan el mayor poder discriminativo. Para ambas variables fenotípicas, se siguen sin demasiada diferencia los modelos basados en la circunferencia de cintura, y de la ratio cintura-cadera para la predicción de DLP. Estudios previos realizados para establecer el poder predictivo de diferentes índices antropométricos para la predicción de HTA, como el estudio de Oliveira et al. realizado en población brasileña (1627 sujetos), describen mayor poder discriminativo de la circunferencia de cintura e IMC, respecto a otras fórmulas como el BAI [23]. En el estudio ARIRANG realizado por Choi et al., se describe un mejor poder predictivo de la circunferencia de cintura y de la ratio cintura-altura, pero no del IMC, en comparación con las fórmulas BRI y ABSI en la discriminación de hipertensión en una muestra de 1718 sujetos [24], de forma similar a los hallazgos del presente estudio. En el caso de la DM, los modelos con mayor poder discriminativo son aquellos basados en la cintura (ratio cintura-cadera, ratio cintura-altura y circunferencia de cintura). Este hallazgo sigue la línea de resultados publicados sobre la mayor capacidad predictiva de la circunferencia de cintura para detectar prediabetes en población India [5]. Los resultados obtenidos también son consistentes con los descritos previamente sobre la capacidad predictiva de DM en población rural china de los nuevos índices antropométricos como ABSI y BRI, en los que no se demostró superioridad de dichas fórmulas respecto a las medidas clásicas como el IMC y, especialmente, respecto a las medidas basadas en el perímetro abdominal [2]. Controvertidamente, en otro estudio realizado en población china se comparó el poder predictivo de BRI, IMC e ABSI para el diagnóstico de preDM y DM, siendo el BRI el modelo con mejor capacidad discriminativa, seguido de IMC, y por último, el ABSI con un bajo potencial predictivo [25].

Finalmente, para discriminar MetS, el modelo más potente es el basado en la circunferencia de cintura, seguido de la ratio cintura-altura y de la fórmula CUN-BAE. Estos resultados son consistentes con los del estudio RICARTO que evalúa la capacidad discriminativa del riesgo cardiovascular de diferentes índices antropométricos en población adulta española (1309 sujetos), y en el que se concluye que los índices de obesidad central (circunferencia de cintura y ratio cintura-altura) son más potentes que el IMC [26]. También son consistentes con los resultados del estudio de Gluszek et al., en el que se incluyeron 12328 sujetos de descendencia europea, aunque en este estudio además también se describe un buen poder predictivo del IMC en varones [27]. No se confirma que BRI sea igual o mejor que el IMC o la circunferencia de cintura para la predicción de MetS, como sí se ha demostrado en población adulta peruana [3], pero sí que se obtiene un bajo poder predictivo de la fórmula ABSI siguiendo la línea de otros estudios publicados [3,6,28]. También se ha descrito que tanto el IMC como los índices

basados en el perímetro abdominal son mejores predictores de factores de riesgo cardiometabólico que la fórmula BAI, como ya se ha descrito en población caucásica, china, india y malaya [4,20]. A destacar el estudio de Bennasar-Veny et al., realizado en una muestra de 29.214 varones y 21.040 mujeres en población española, en el que se concluye que la circunferencia de cintura y la ratio cintura-altura son mejores índices predictivos del riesgo metabólico y cardiovascular cuando se comparan con el IMC y el BAI [29]. A pesar de no obtener la mejor AUC de la ROC para la predicción de MetS en el estudio realizado en población china adulta-anciana, y al no haber unas diferencias clínicamente relevantes con otras medidas, sus autores proponen la circunferencia de cintura como el mejor índice antropométrico a la práctica clínica por su simplicidad de uso [28].

Por tanto, en una visión general de los resultados, se observa que tanto los modelos basados en la fórmula CUN-BAE como los modelos basados en el perímetro abdominal son válidos para la evaluación de los factores de riesgo cardiovasculares. Dichos resultados son concordantes con el hecho que la fórmula CUN-BAE presenta una buena asociación con la grasa corporal total [1], y los índices basados en la forma, particularmente aquellos que tienen en cuenta el perímetro abdominal, son un reflejo de la adiposidad visceral, que constituye un reconocido factor predictor independiente de MetS y que se relaciona con el riesgo de enfermedad cardiovascular [1,7]. A diferencia de lo que se ha publicado en otros estudios [2,3], en el presente trabajo no se ha establecido que los modelos basados en la fórmula BRI sean de los mejores, aunque sus respectivas AUCs de las ROC para discriminar HTA, DM, DLP y MetS son razonablemente aceptables y se acercan estrechamente a las de los modelos más potentes.

5.4 ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR

En el estudio de eventos vasculares, se observa que el modelo con mayor poder predictivo para IAM y AVC es el que se basa en el BRI, por lo que parece que éste índice antropométrico sí que se asocia a un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular como se ha reportado en otras series [2,3]. En el caso de la variable compuesta MACE, el BRI no es el mejor de los modelos descritos, pero mantiene un razonable poder discriminativo, tal como se indica en la literatura [2]. En las 3 variables de eventos vasculares analizadas, los modelos de los índices antropométricos basados en la forma, especialmente el perímetro abdominal, presentan un buen poder discriminativo. Paralelamente, se confirma el menor poder predictivo de ABSI para enfermedad cardiovascular en comparación con los otros índices comentados, como también se ha descrito en otros estudios [2,17]. Cabe destacar el meta-análisis de Ji. et al, en el que se estudia el poder predictivo de ABSI para HTA, DM tipo 2, enfermedad cardiovascular y mortalidad por todas las causas [17]. Se describe que el incremento en 1 desviación estándar en el valor de ABSI se asocia a un incremento del 13% del riesgo de HTA, del 35% del riesgo de DM tipo 2, del 21% de enfermedad cardiovascular y del 55% para mortalidad [17]. El poder predictivo de ABSI para detectar riesgo de mortalidad (superior al del IMC y al de la circunferencia de cintura) que ya se ha establecido en población americana, británica y china [2,16,17], no se ha analizado en este proyecto. Cabe destacar que, además, el ABSI presenta una limitación clínica importante que es la dificultad de establecer un punto de corte útil, ya que sus valores tienen una varianza pequeña siendo muy cercanos a la media [17].

5.5 LIMITACIONES

Este estudio no está exento de limitaciones.

El principal factor limitante es que se trata de un estudio observacional transversal, por lo que no se pueden extraer relaciones de causalidad, y condiciona otras limitaciones derivadas importantes. Por una parte, los sujetos a partir de los que se han obtenido los datos para el análisis realizado en el presente proyecto no provienen de una muestra randomizada, sino de la encuesta NHANES, la cual es de participación voluntaria y puede suponer un sesgo de selección, siendo una muestra no realmente representativa de la población estadounidense. Otra de las limitaciones importantes derivadas del diseño de obtención de datos es que en la definición de las variables fenotípicas evaluadas (HTA, DM, DLP y MetS) se incluyen parámetros referidos por los sujetos en la encuesta NHANES, por lo que puede existir un sesgo de memoria. Tampoco se pueden descartar errores de codificación. Lo mismo aplica en la recogida de las covariables (edad, sexo, tabaquismo, población, actividad física moderada, actividad física vigorosa) usadas para el estudio de los modelos de regresión logística ajustados. Asimismo, tampoco se puede asegurar la correcta recogida de las medidas antropométricas que se han utilizado para el cálculo de los índices antropométricos, que deberían haberse realizado por personal entrenado siguiendo protocolos estandarizados. Por tanto, y a pesar que se trata de un estudio con una muestra grande (5533 sujetos) y heterogénea, se debe proceder con precaución a la hora de generalizar los resultados, ya que la validez externa del estudio puede verse reducida por las limitaciones anteriormente expuestas.

Por otra parte, es importante considerar que en este proyecto se han analizado 9 índices antropométricos de adiposidad, pero existen otras medidas como el índice de riesgo antropométrico (IRA), el índice de adiposidad visceral (VAI), el índice de conicidad (IC) o la circunferencia de cuello [1,23,26,30], entre otros, que también pueden tener relevancia en este campo de trabajo.

En cuanto a las covariables se han tenido en cuenta la edad, el sexo, la etnia, el tabaquismo y la actividad física, que son variables descritas previamente como potenciales factores de confusión en el estudio del riesgo cardiovascular. Pero ante la gran heterogeneidad del riesgo cardiovascular en la población, se considera importante que en futuros estudios se tengan en cuenta otras variables como factores dietéticos, el consumo de alcohol, factores socioeconómicos y variables bioquímicas [1,2] para dilucidar las asociaciones entre las medidas antropométricas y el riesgo vascular eliminando otros posibles factores mediadores y moderadores.

5.6 APLICABILIDAD CLÍNICA Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

A pesar que el IMC es el índice antropométrico más extendido en la práctica clínica por su facilidad de cálculo, su principal limitación de no informar sobre la distribución de la grasa corporal y, por tanto, de no ser un reflejo del riesgo vascular asociado a la grasa visceral, constituye un verdadero inconveniente en el objetivo de estimar el riesgo individual de un sujeto [1]. En línea a las publicaciones previas, el IMC no representa el índice antropométrico con mayor correlación con la grasa corporal total ni el que mejor predice el riesgo ni los eventos vasculares [1]. Se han descrito varias modificaciones de las fórmulas del IMC para intentar mitigar dicha limitación [1], como por ejemplo, la fórmula del new IMC [9], pero su elevada correlación con IMC (superior al 0,99) dificulta que mejore de forma estadísticamente significativa su poder discriminativo sobre las variables fenotípicas que se evalúan [9]. Contrariamente, la fórmula CUN-BAE presenta una gran correlación con el porcentaje de grasa corporal y se ha descrito como un buen índice antropométrico predictivo del riesgo cardiovascular, pero se trata de una fórmula de cálculo complejo, hecho que limita su utilidad clínica [1]. Por lo anteriormente expuesto, se propone como futura línea de investigación el desarrollo de nuevas fórmulas antropométricas que mejoren el perfil predictivo del IMC mitigando sus limitaciones, pero que sean de cálculo más rápido y fácil para que realmente puedan ser útiles en la práctica clínica habitual. También se considera importante generalizar más el uso de los índices basados en la circunferencia de cadera (circunferencia de cintura, ratio cintura-cadera, ratio cintura-altura), ya que se trata de índices que han demostrado un potencial predictivo del riesgo cardiovascular y enfermedad cardiovascular mayor que el del IMC [2], en línea con los resultados del presente trabajo, y son de fácil medición [1].

Por otro lado, y a pesar que el valor de sensibilidad y especificidad no han sido tema de análisis ni discusión en el presente proyecto (tan sólo se ha mostrado el punto de corte de cada modelo que maximiza el valor de sensibilidad y especificidad), se debe considerar los índices antropométricos que usan como método de cribado con el fin de detectar el mayor número de sujetos que podrían presentar un riesgo cardiovascular aumentado. Como métodos de cribado, se deberían establecer puntos de corte que maximicen la sensibilidad, asumiendo cierta pérdida de especificidad, con el objetivo de disminuir el número de falsos negativos.

6. CONCLUSIONES

Todos los índices antropométricos de adiposidad se relacionan con los factores de riesgo cardiovascular clásicos y el síndrome metabólico de forma estadísticamente significativa. De los índices antropométricos basados en el peso, la fórmula CUN_BAE es la que presenta un mayor poder discriminativo para el riesgo cardiovascular, mientras que de los índices antropométricos basados en la forma destacan la circunferencia de cintura, la ratio cintura-cadera y la ratio cintura-altura. Plausiblemente, la asociación previamente descrita de la fórmula CUN-BAE con la grasa corporal total, y la de los índices basados en el perímetro abdominal con la grasa visceral, podrían explicar gran parte de los resultados de este estudio. Se ha descrito también un razonable poder discriminativo de la fórmula BRI para los eventos macrovasculares.

Al finalizar este proyecto se han alcanzado los 3 objetivos planteados, ya que se ha establecido satisfactoriamente la correlación entre los índices antropométricos de adiposidad y la grasa corporal total medida mediante DEXA; se ha evaluado la asociación entre dichos índices y diferentes factores de riesgo cardiometabólicos, el síndrome metabólico y la enfermedad cardiovascular mediante modelos de regresión determinando la *odds ratio* con su intervalo de confianza al 95%; y finalmente se ha analizado el poder predictivo de los índices antropométricos para las variables fenotípicas nombradas mediante el cálculo del AUC de la ROC con su intervalo de confianza al 95%. Se ha seguido la planificación y metodología sin grandes desviaciones. En este sentido tan sólo constatar que al inicio del proyecto se había planteado el estudio de la “enfermedad del hígado graso no alcohólico” como variable fenotípica de riesgo cardiometabólico en vez de la “enfermedad cardiovascular”, pero que por falta de datos disponibles sobre dicha variable en la base NHANES, se decidió analizar la variable “enfermedad coronaria”. Dado que la muestra también era de tamaño reducido, se analizó la variable “enfermedad cerebrovascular” y posteriormente se evaluó la variable conjunta “enfermedad cardiovascular” para disponer de mayor muestra y así aumentar la potencia estadística del análisis.

Como futuras líneas de investigación, ya detalladas en los apartados de limitaciones y aplicabilidad clínica, se propone:

- Estudios que incluyan más índices antropométricos, como el índice de riesgo antropométrico (IRA), el índice de adiposidad visceral (VAI), el índice de conicidad (IC) o la circunferencia de cuello, entre otros.
- Estudios se tengan en cuenta otras posibles variables confusoras como factores dietéticos, factores socioeconómicos y variables bioquímicas.
- Estudios basados en el desarrollo de nuevas fórmulas antropométricas que mejoren el perfil predictivo del IMC mitigando sus limitaciones, pero que sean de cálculo más rápido y fácil que el de la fórmula CUN-BAE para que realmente puedan ser útiles en la práctica clínica habitual.
- Estudios que intenten establecer puntos de corte de los diferentes índices de adiposidad que maximicen la sensibilidad para que sean suficientemente válidos para ser usados como métodos de cribado.

7. GLOSARIO Y ABREVIACIONES

Por orden alfabético:

- **AUC: *area under the curve* (área bajo la curva).** Medida que cuantifica la capacidad discriminativa de un test diagnóstico a partir de su curva ROC.
- **AVC: enfermedad cerebrovascular.** La enfermedad cerebrovascular comprende un conjunto de trastornos de la vasculatura cerebral que conllevan a una disminución del flujo sanguíneo en el cerebro (flujo sanguíneo cerebral o FSC) con la consecuente afectación, de manera transitoria o permanente, de la función de una región generalizada del cerebro o de una zona más pequeña o focal, sin que exista otra causa aparente que el origen vascular. La enfermedad cerebrovascular trae como consecuencia procesos isquémicos (de falta de sangre) o hemorrágicos (derrames), causando o no la subsecuente aparición de sintomatología o secuelas neurológicas. La hipertensión arterial (HTA) es el principal factor de riesgo de la enfermedad cerebrovascular.
- **DEXA: *dual-energy X-ray absorptiometry*.** La absorciometría de rayos X de energía dual es un medio para medir la densidad mineral ósea (DMO) mediante imágenes espectrales y el porcentaje de grasa corporal.
- **DM: diabetes mellitus.** La diabetes mellitus (DM) es un conjunto de trastornos metabólicos, cuya característica común principal es la presencia de concentraciones elevadas de glucosa en la sangre de manera persistente o crónica, debido ya sea a un defecto en la producción de insulina, a una resistencia a la acción de la insulina para utilizar la glucosa, a un aumento en la producción de glucosa o a una combinación de estas causas.
- **DLP: dislipemia.** La dislipemia es un trastorno cuantitativo o cualitativo de los lípidos y lipoproteínas en la sangre. El término suele ocuparse para referirse a aquellos trastornos que aumentan el riesgo de desarrollar una enfermedad cardiovascular, como la hipercolesterolemia, la hipertrigliceridemia y la disminución del colesterol HDL.
- **HTA: hipertensión arterial.** La hipertensión arterial es una enfermedad crónica caracterizada por un incremento continuo de las cifras de la presión sanguínea por arriba de los límites sobre los cuales aumenta el riesgo cardiovascular.
- **IAM: enfermedad coronaria.** Es un estrechamiento de los pequeños vasos sanguíneos que suministran sangre y oxígeno al corazón. Esta enfermedad también se denomina arteriopatía coronaria. Se suele manifestar clínicamente en forma de infarto agudo de miocardio (IAM) o angina.

- **MACE: enfermedad cardiovascular.** La enfermedad cardiovascular es un término amplio para problemas con el corazón y los vasos sanguíneos. Estos problemas a menudo se deben a la aterosclerosis. Esta afección ocurre cuando la grasa y el colesterol se acumulan en las paredes del vaso sanguíneo. Comprende diferentes enfermedades como: hipertensión arterial (presión alta), cardiopatía coronaria (infarto de miocardio), enfermedad cerebrovascular, enfermedad vascular periférica, insuficiencia cardíaca, cardiopatía reumática, cardiopatía congénita y miocardiopatías. MACE es el término comúnmente utilizado en estudios de riesgo cardiovascular para referirse a los eventos cardiovasculares mayores. Suele incluir la muerte por enfermedad cardiovascular, el infarto agudo de miocardio y el accidente cerebrovascular. En algunos estudios también incluye la hospitalización por insuficiencia cardíaca.
- **MetS: síndrome metabólico.** El síndrome metabólico comprende un conjunto de factores fisiológicos, bioquímicos y clínicos que conllevan un aumento del riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular o diabetes mellitus tipo 2, y mayor mortalidad.
- **NHANES: National Health and Nutrition Examination Survey.** Disponible en: <https://wwwn.cdc.gov/nchs/nhanes/Default.aspx>. NHANES es un programa del *National Center for Health Statistics* (NCHS) diseñado para evaluar el estado de salud y el estado nutricional de niños y adultos de los Estados Unidos, que combina entrevistas y exámenes físicos. La encuesta examina una muestra representativa a nivel nacional de unas 5.000 personas cada año. Incluye preguntas demográficas, socioeconómicas, dietéticas y relacionadas con la salud. El examen físico consta de mediciones médicas, dentales y de variables fisiológicas, así como pruebas de laboratorio.
- **ROC: receiver operating characteristic curve.** Representación gráfica de la sensibilidad frente a la especificidad para un sistema clasificador binario según se varía el umbral de discriminación.

8. BIBLIOGRAFÍA

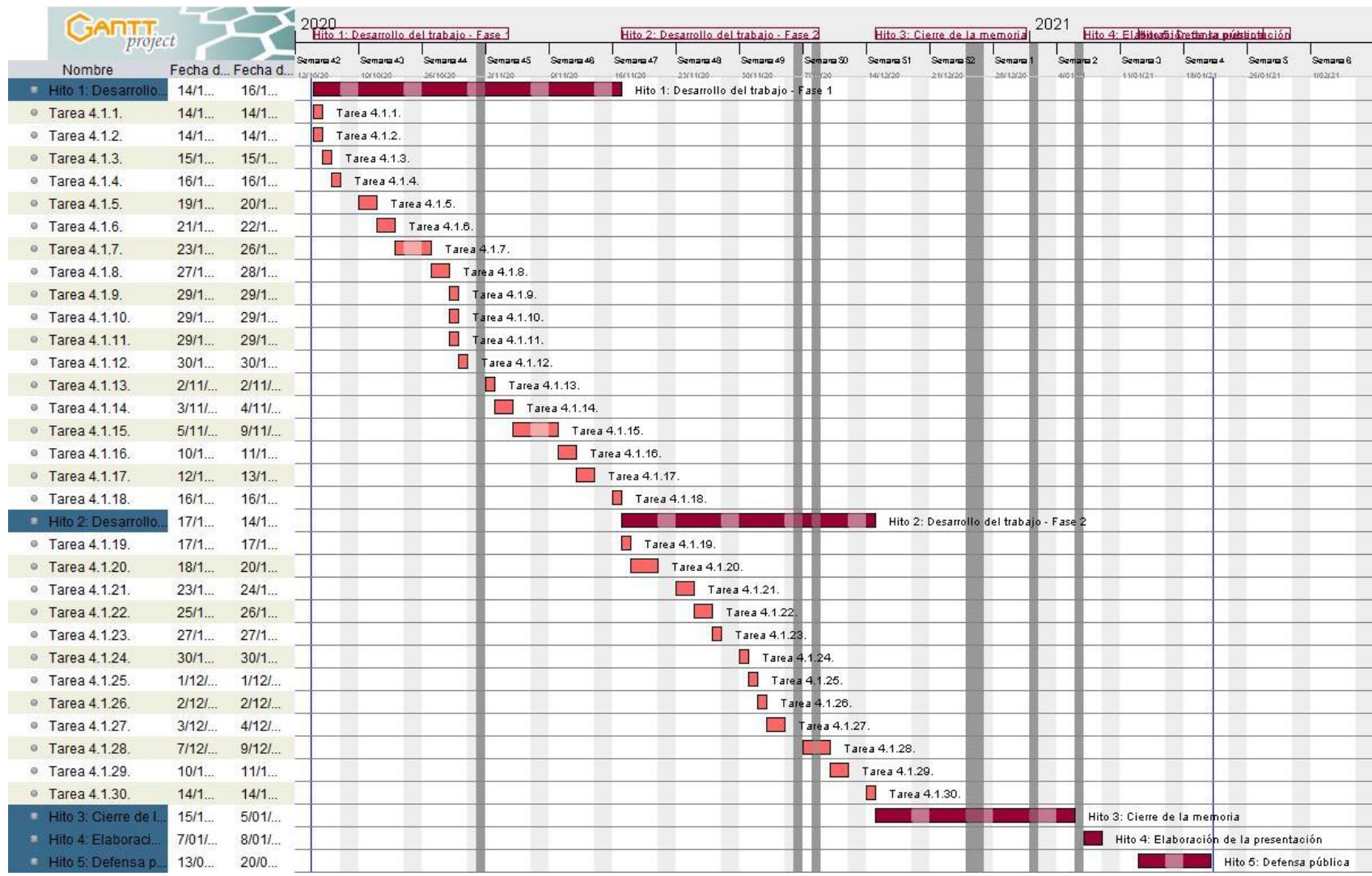
1. Amirabdollahian F, Haghghatdoost F. Anthropometric indicators of adiposity related to body weight and body shape as cardiometabolic risk predictors in British young adults: Superiority of waist-to-height ratio. *J Obes*. 2018;2018.
2. Chang Y, Guo X, Chen Y, Guo L, Li Z, Yu S, et al. A body shape index and body roundness index: Two new body indices to identify diabetes mellitus among rural populations in northeast China. *BMC Public Health* [Internet]. 2015;15(1):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-015-2150-2>.
3. Stefanescu A, Revilla L, Lopez T, Sanchez SE, Williams MA, Gelaye B. Using A Body Shape Index (ABSI) and Body Roundness Index (BRI) to predict risk of metabolic syndrome in Peruvian adults. *J Int Med Res*. 2019;48(1).
4. Gu Z, Li D, He H, Wang J, Hu X, Zhang P, et al. Body mass index, waist circumference, and waist-to-height ratio for prediction of multiple metabolic risk factors in Chinese elderly population. *Sci Rep* [Internet]. 2018;8(1):8–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-18854-1>.
5. Ramdas Nayak VK, Nayak KR, Vidyasagar S, Kamath A. Body composition analysis, anthropometric indices and lipid profile markers as predictors for prediabetes. *PLoS One*. 2018;13(8):1–14.
6. Tian S, Zhang X, Xu Y, Dong H. Feasibility of body roundness index for identifying a clustering of cardiometabolic abnormalities compared to BMI, waist circumference and other anthropometric indices: The China health and nutrition survey, 2008 to 2009. *Med (United States)*. 2016;95(34).
7. Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute scientific statement: Executive Summary. *Crit Pathw Cardiol*. 2005;4(4):198–203.
8. Gysel C. [Adolphe Quetelet (1796-1874). The statistics and biometry of growth]. *Orthod Fr*. 1974;45(1):643–77.
9. Burton RF. The new body mass index as a predictor of postoperative complications in elective colorectal cancer surgery. *Clin Nutr ESPEN* [Internet]. 2016;11(August 2015):e70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnesp.2015.08.004>.
10. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Catalán V, Rodríguez A, Galofré JC, Escalada J, et al. Clinical usefulness of a new equation for estimating body fat. *Diabetes Care*. 2012;35(2):383–8.
11. World Health Organization. Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation. Geneva, Switzerland; 2008.
12. Ashwell M. A new shape chart for assessing the risks of obesity. *Proc Nutr Soc*. 1995;54:86.
13. Khosravian S, Bayani MA, Hosseini SR, Bijani A, Mouodi S, Ghadimi R. Comparison of anthropometric indices for predicting the risk of metabolic syndrome in older adults. *Rom J Intern Med*. 2020;0(0):1–12.
14. Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, Sumner AE, Reynolds JC, Sebring NG, et al. A better Index of body adiposity. *Obes (Silver Spring)*. 2012;19(5):1083–9.
15. Krakauer NY, Krakauer JC. A new body shape index predicts mortality hazard independently of body mass index. *PLoS One*. 2012;7(7).
16. He S, Zheng Y, Wang H, Chen X. Assessing the relationship between a body shape index and mortality in a group of middle-aged men. *Clin Nutr* [Internet]. 2017;36(5):1355–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2016.09.003>.
17. Ji M, Zhang S, An R. Effectiveness of A Body Shape Index (ABSI) in predicting chronic diseases and mortality: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2018;19(5):737–59.
18. Thomas DM, Bredlau C, Bosy-Westphal A, Mueller M, Shen W, Gallagher D, et al. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue emerging from a new geometrical model. *Obesity*. 2013;21(11):2264–71.

19. Lear SA, Gasevic D. Ethnicity and metabolic syndrome: Implications for assessment, management and prevention. *Nutrients*. 2020;12(1):1–16.
20. Lam BCC, Koh GCH, Chen C, Wong MTK, Fallows SJ. Comparison of Body Mass Index (BMI), Body Adiposity Index (BAI), Waist Circumference (WC), Waist-To-Hip Ratio (WHR) and Waist-To-Height Ratio (WHtR) as predictors of cardiovascular disease risk factors in an adult population in Singapore. *PLoS One*. 2015;10(4):1–15.
21. Goossens GH, Jocken JWE, Blaak EE. Sexual dimorphism in cardiometabolic health: the role of adipose tissue, muscle and liver. *Nat Rev Endocrinol* [Internet]. 2020; Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41574-020-00431-8>.
22. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National heart, lung, and blood institute; American heart association; World heart federation; International . *Circulation*. 2009;120(16):1640–5.
23. De Oliveira CM, Ulbrich AZ, Neves FS, Dias FAL, Horimoto ARVR, Krieger JE, et al. Association between anthropometric indicators of adiposity and hypertension in a Brazilian population: Baependi Heart Study. *PLoS One*. 2017;12(10):1–10.
24. Choi JR, Ahn S V., Kim JY, Koh SB, Choi EH, Lee GY, et al. Comparison of various anthropometric indices for the identification of a predictor of incident hypertension: The ARIRANG study. *J Hum Hypertens*. 2018;32(4):294–300.
25. Zhao Q, Zhang K, Li Y, Zhen Q, Shi J, Yu Y, et al. Capacity of a body shape index and body roundness index to identify diabetes mellitus in Han Chinese people in Northeast China: a cross-sectional study. *Diabet Med*. 2018;35(11):1580–7.
26. Segura-Fragoso A, Rodríguez-Padial L, Alonso-Moreno FJ, Villarín-Castro A, Rojas-Martelo GA, Rodríguez-Roca GC, et al. Anthropometric measurements of general and central obesity and discriminative capacity on cardiovascular risk: RICARTO study. *Semergen*. 2019;45(5):323–32.
27. Głuszek S, Ciesla E, Głuszek-Osuch M, Kozieł D, Kiebzak W, Wypchło Ł, et al. Anthropometric indices and cut-off points in the diagnosis of metabolic disorders. *PLoS One* [Internet]. 2020;15(6 June):1–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0235121>.
28. Wang H, Liu A, Zhao T, Gong X, Pang T, Zhou Y, et al. Comparison of anthropometric indices for predicting the risk of metabolic syndrome and its components in Chinese adults: A prospective, longitudinal study. *BMJ Open*. 2017;7(9).
29. Bennasar-Veny M, Lopez-Gonzalez AA, Tauler P, Cespedes ML, Vicente-Herrero T, Yañez A, et al. Body Adiposity Index and Cardiovascular Health Risk Factors in Caucasians: A Comparison with the Body Mass Index and Others. *PLoS One*. 2013;8(5):1–8.
30. He H, Pan L, Liu F, Ma J, Wang L, Hu Z, et al. Neck circumference as an indicator of elevated blood pressure independent from body composition: Implications from the China nation health survey (CNHS). *BMC Cardiovasc Disord*. 2019;19(1):1–9.

9. ANEXOS

- **ANEXO 1. DIAGRAMA DE GANTT**
- **ANEXO 2. EJEMPLO CÓDIGO R**
- **ANEXO 3. ARTÍCULO CIENTÍFICO**

9.1 ANEXO 1. DIAGRAMA DE GANTT



9.2 ANEXO 2. EJEMPLO CÓDIGO SOFTWARE R

9.2.1 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN: índices antropométricos – grasa corporal total

PREPARACIÓN DE LOS DATOS

Descarga datos demográficos:

```

{r}
demo_total <- read_xpt
("C:/Users/silvi/OneDrive/Escritorio/TFMRdoc/DEMO_J.XPT")

```

Selección casos adultos = 0 > 18 años:

```

{r}
demo <- subset(demo_total, demo_total$RIDAGEYR >= 18)

```

Descarga datos exploración física:

```

{r}
bmx <- read_xpt ("C:/Users/silvi/OneDrive/Escritorio/TFMRdoc/BMX_J.XPT")

```

Unificación de tablas datos demográficos - medidas físicas:

```

{r}
demo_bmx <- merge(demo, bmx, by = "SEQN")
demo_bmx

```

SEQN <dbl>	SDDSRVYR <dbl>	RIDSTATR <dbl>	RIAGENDR <dbl>	RIDAGEYR <dbl>	RIDAGEMN <dbl>	RIDRETH1 <dbl>	RIDRETH3 <dbl>	RIDEXMON <dbl>	RIDEXAGM <dbl>
93705	10	2	2	66	NA	4	4	2	NA
93706	10	2	1	18	NA	5	6	2	222
93708	10	2	2	66	NA	5	6	2	NA
93709	10	2	2	75	NA	4	4	1	NA
93711	10	2	1	56	NA	5	6	2	NA
93712	10	2	1	18	NA	1	1	2	227
93713	10	2	1	67	NA	3	3	1	NA
93714	10	2	2	54	NA	4	4	2	NA
93715	10	2	1	71	NA	5	7	2	NA
93716	10	2	1	61	NA	5	6	1	NA

1-10 of 5,533 rows | 1-10 of 66 columns

Previous 2 3 4 5 6 ... 100 Next

Descarga de datos DEXA corporal total:

```

{r}
dexa <- read_xpt ("C:/Users/silvi/OneDrive/Escritorio/TFMRdoc/DXX_J.XPT")

```

Unificación de tablas datos demográficos - medidas físicas con los datos de DEXA:

```

{r}
demo_bmx_dexa <- merge(demo_bmx, dexa, by = "SEQN")
demo_bmx_dexa

```

SEQN <dbl>	SDDSRVYR <dbl>	RIDSTATR <dbl>	RIAGENDR <dbl>	RIDAGEYR <dbl>	RIDAGEMN <dbl>	RIDRETH1 <dbl>	RIDRETH3 <dbl>	RIDEXMON <dbl>	RIDEXAGM <dbl>
93706	10	2	1	18	NA	5	6	2	222
93711	10	2	1	56	NA	5	6	2	NA
93712	10	2	1	18	NA	1	1	2	227
93714	10	2	2	54	NA	4	4	2	NA
93717	10	2	1	22	NA	3	3	2	NA
93718	10	2	1	45	NA	4	4	1	NA
93728	10	2	1	53	NA	4	4	1	NA
93729	10	2	1	42	NA	4	4	1	NA
93730	10	2	1	57	NA	2	2	2	NA
93731	10	2	1	20	NA	1	1	2	NA

1-10 of 3,515 rows | 1-10 of 174 columns

Previous 1 2 3 4 5 6 ... 100 Next

Renombrar i crear variables a utilizar para el cálculo de índices antropométricos:

```

```{r}
demo_bmx$peso_kg <- demo_bmx$BMXWT
demo_bmx$altura_cm <- demo_bmx$BMXHT
demo_bmx$altura_m <- demo_bmx$altura_cm/100
demo_bmx$edad <- demo_bmx$RIDAGEYR
demo_bmx$sexo <- demo_bmx$RIAGENDR -1

```

Renombrar variable grasa corporal total (%):

```

```{r}
demo_bmx_dexa$GC <- demo_bmx_dexa$DXDTPF

```

CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS

Índices basados en el peso corporal (body weight - related)

- Índice de masa corporal (IMC):

```

```{r}
demo_bmx$IMC <- demo_bmx$BMXBMI
summary(demo_bmx$IMC)

```

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	NA's
14.20	24.60	28.50	29.69	33.50	86.20	99

#### - New IMC:

```

```{r}
demo_bmx$newIMC <- 1.3*demo_bmx$IMC
summary(demo_bmx$newIMC)

```

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	NA's
18.46	31.98	37.05	38.60	43.55	112.06	99

- CUN-BAE (Clínica Universidad de Navarra - Body Adiposity Estimator):

```

```{r}
demo_bmx$CUN_BAE <- -44.988 + (0.503*demo_bmx$edad) + (10.689*demo_bmx$sexo) +
(3.172*demo_bmx$IMC) - (0.026*demo_bmx$IMC^2) +
(0.181*demo_bmx$IMC*demo_bmx$sexo) - (0.02*demo_bmx$IMC*demo_bmx$edad) -
(0.005*demo_bmxIMC^2*demo_bmxsexo) + (0.00021*demo_bmxIMC^2*demo_bmxedad)
summary(demo_bmx$CUN_BAE)

```

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	NA's
2.526	28.521	35.620	35.859	43.444	59.652	99

## Índices basados en la forma corporal (body shape - related)

### - Circunferencia de cintura (WC: waist circumference):

```

```{r}
demo_bmx$circ_cintura_cm <- demo_bmx$BMXWAIST
summary(demo_bmx$circ_cintura_cm)
```

```

| Min. | 1st Qu. | Median | Mean  | 3rd Qu. | Max.  | NA's |
|------|---------|--------|-------|---------|-------|------|
| 56.4 | 87.9    | 98.9   | 100.2 | 110.7   | 169.5 | 349  |

### - Ratio cintura-cadera (WHR: waist circumference to hip circumference ratio):

```

```{r}
demo_bmx$circ_cadera_cm <- demo_bmx$BMXHIP
demo_bmx$ratio_cc <- demo_bmx$circ_cintura_cm/demo_bmx$circ_cadera_cm
summary(demo_bmx$ratio_cc)
```

```

| Min.   | 1st Qu. | Median | Mean   | 3rd Qu. | Max.   | NA's |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|------|
| 0.6627 | 0.8793  | 0.9394 | 0.9364 | 0.9948  | 1.2384 | 361  |

### - Ratio cintura-altura (WHtR: waist circumference to height ratio):

```

```{r}
demo_bmx$ratio_ca <- demo_bmx$circ_cintura_cm/demo_bmx$altura_cm
summary(demo_bmx$ratio_ca)
```

```

| Min.   | 1st Qu. | Median | Mean   | 3rd Qu. | Max.   | NA's |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|------|
| 0.3662 | 0.5301  | 0.5958 | 0.6026 | 0.6674  | 1.0349 | 355  |

### - Body Adiposity Index (BAI):

```

```{r}
demo_bmx$BAI <- (demo_bmx$circ_cadera_cm / (demo_bmx$altura_m^1.5)) - 18
summary(demo_bmx$BAI)
```

```

| Min.  | 1st Qu. | Median | Mean  | 3rd Qu. | Max.  | NA's |
|-------|---------|--------|-------|---------|-------|------|
| 16.05 | 26.31   | 30.44  | 32.01 | 36.23   | 69.49 | 341  |

### - Body Shape Index (ABSI):

```

```{r}
demo_bmx$ABSI <-
(demo_bmx$circ_cintura_cm)/(((demo_bmx$IMC^0.66)*(demo_bmx$altura_m^0.5))
summary(demo_bmx$ABSI)
```

```

| Min.  | 1st Qu. | Median | Mean  | 3rd Qu. | Max.   | NA's |
|-------|---------|--------|-------|---------|--------|------|
| 6.156 | 7.997   | 8.358  | 8.356 | 8.717   | 10.732 | 358  |

### - Body Roundness Index (BRI):

```

```{r}
demo_bmx$circ_cintura_m <- demo_bmx$circ_cintura_cm/100
demo_bmx$BRI <- 364.2 - 365.5* sqrt(1-
((demo_bmx$circ_cintura_m)/(2*pi)^2)/(0.5*(demo_bmx$altura_m^2)))
summary(demo_bmx$BRI)
```

```

| Min.   | 1st Qu. | Median | Mean   | 3rd Qu. | Max.   | NA's |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|------|
| 0.5086 | 1.6221  | 2.0344 | 2.0849 | 2.4898  | 4.7231 | 355  |

## ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES

Ejemplo. Estudio de la variable grasa corporal total (%):

### 1. Análisis de normalidad

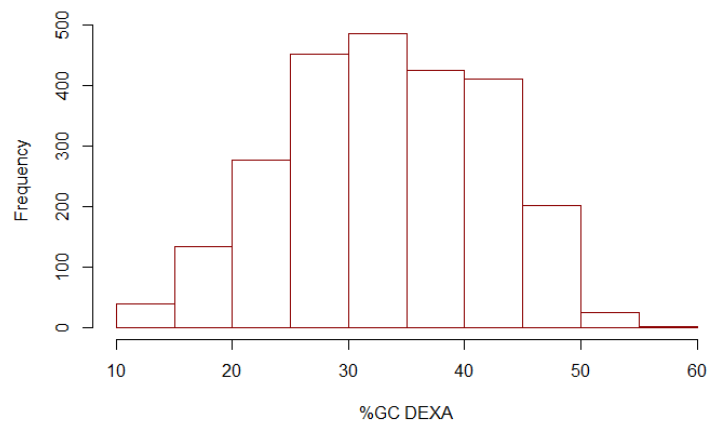
Este proceso se ha repetido para el estudio de todos los índices antropométricos previamente calculados. También se ha evaluado la normalidad del resto de variables clínica y covariables.

#### - Histograma

```

{r}
hist(demo_bmx_dexa$GC, breaks = 10, main = "", xlab = "%GC DEXA", border =
"darkred")

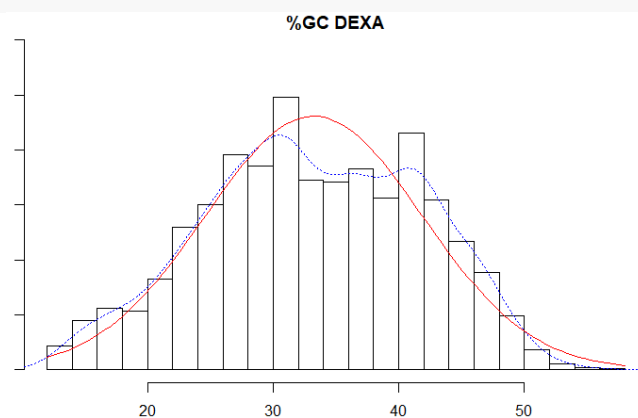
```



```

{r}
library(psych)
multi.hist(x = demo_bmx_dexa$GC, dcol = c("blue", "red"), dlty = c("dotted",
"solid"), main = "%GC DEXA")

```

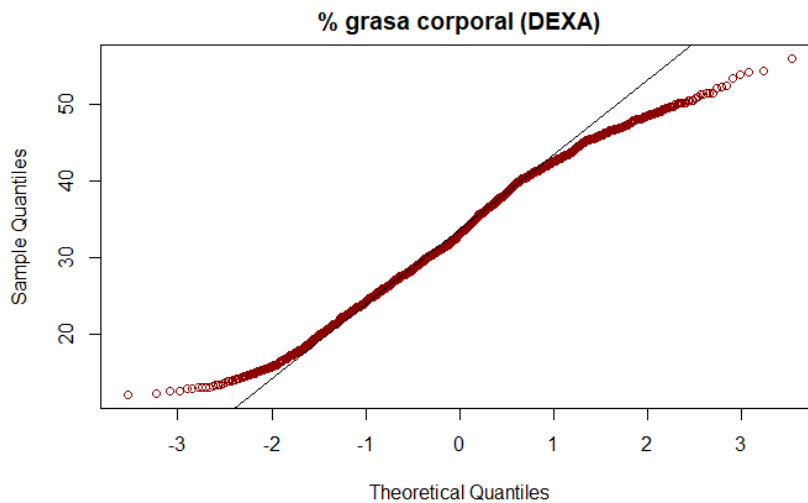


**- qqplots**

```

{r}
qqnorm(demo_bmx_dexa$GC, main = "% grasa corporal (DEXA)", col = "darkred")
qqline(demo_bmx_dexa$GC)

```

**- Contraste de hipótesis de normalidad: Test de Kolmogorov-Smirnov modificado**

```

{r}
lillie.test(x = demo_bmx_dexa$GC)

```

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```

data: demo_bmx_dexa$GC
D = 0.04804, p-value = 2.631e-14

```

No se puede asumir distribución normal ( $p < 0,05$ , por lo que no se puede aceptar la hipótesis nula de normalidad).

**2. Análisis de homocedasticidad**

Dado que por todas las variables de índices antropométricos se asume una distribución no normal, excepto para ABSI ( $p$  valor 0.3514 en el test de normalidad), se ha decidido no profundizar en el análisis de homocedasticidad dada la necesidad de aplicar un test no paramétrico en el análisis de correlación.

**ANÁLISIS DE CORRELACIÓN**

Unificación de las variables de índices antropométricos previamente definidos en la base de datos que contiene la información de DEXA, y eliminación de valores perdidos:

```

{r}
x_antrop_dexa <- data.frame(demo_bmx_dexa$GC,
demo_bmx_dexa$IMC, demo_bmx_dexa$newIMC, demo_bmx_dexa$CUN_BAE,
demo_bmx_dexa$circ_cintura_cm, demo_bmx_dexa$ratio_cc, demo_bmx_dexa$ratio_ca,
demo_bmx_dexa$BAI, demo_bmx_dexa$ABSI, demo_bmx_dexa$BRI)
x_antrop_dexa <- na.omit(x_antrop_dexa)
x_antrop_dexa

```



**- Correlación de Spearman**

```

{r}
cor(x_antrop_dexa, method = "spearman")

```

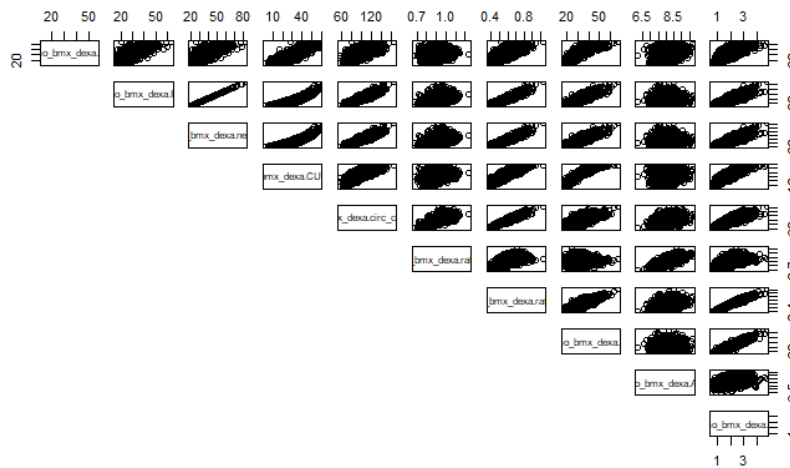
|                               |            |           |           |           |           |
|-------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| demo_bmx_dexa.GC              | 1.00000000 | 0.5663018 | 0.5663018 | 0.8612458 | 0.4992631 |
| demo_bmx_dexa.IMC             | 0.56630180 | 1.0000000 | 1.0000000 | 0.7890735 | 0.9279794 |
| demo_bmx_dexa.newIMC          | 0.56630180 | 1.0000000 | 1.0000000 | 0.7890735 | 0.9279794 |
| demo_bmx_dexa.CUN_BAE         | 0.86124585 | 0.7890735 | 0.7890735 | 1.0000000 | 0.6805386 |
| demo_bmx_dexa.circ_cintura_cm | 0.49926308 | 0.9279794 | 0.9279794 | 0.6805386 | 1.0000000 |
| demo_bmx_dexa.ratio_cc        | 0.09828214 | 0.5435443 | 0.5435443 | 0.2390108 | 0.7406845 |
| demo_bmx_dexa.ratio_ca        | 0.65927453 | 0.9288946 | 0.9288946 | 0.8143091 | 0.9441600 |
| demo_bmx_dexa.BAI             | 0.84813748 | 0.7572900 | 0.7572900 | 0.9232952 | 0.6122968 |
| demo_bmx_dexa.ABSI            | 0.23590727 | 0.1558648 | 0.1558648 | 0.1552369 | 0.4503688 |
| demo_bmx_dexa.BRI             | 0.74696432 | 0.8407946 | 0.8407946 | 0.8603352 | 0.8036296 |

**- Scatterplot matrix**

```

{r}
pairs(x_antrop_dexa, lower.panel = NULL)

```

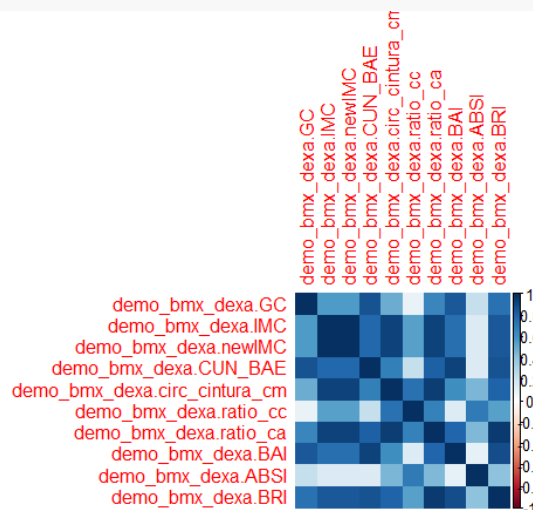


**- Corrplot**

```

{r}
library(corrplot)
corrplot(corr = cor(x = x_antrop_dexa, method = "spearman"), method = "color")

```

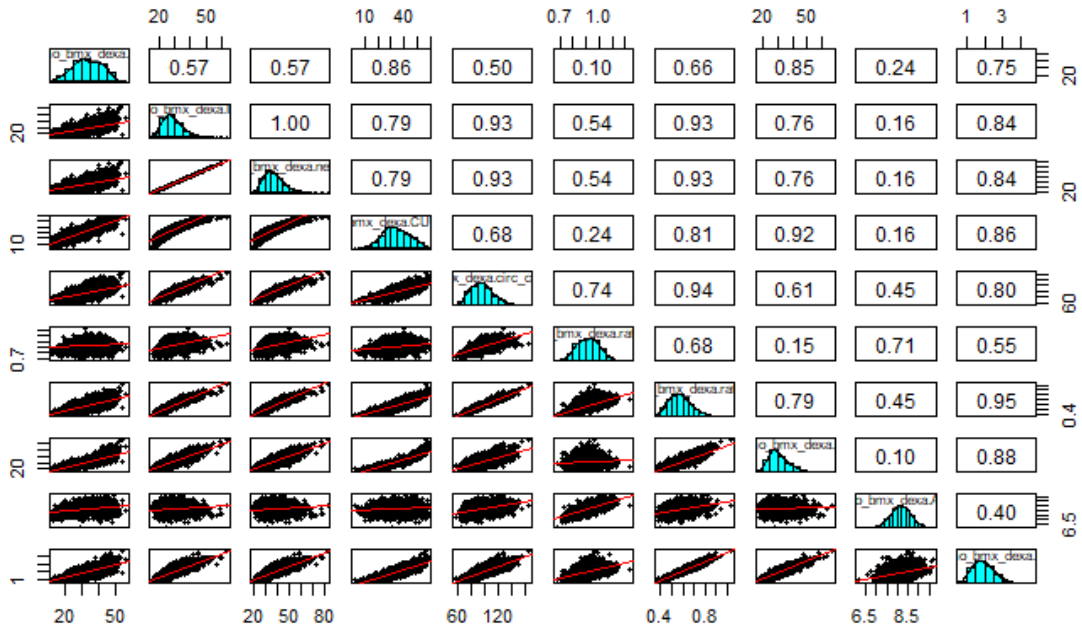


**- Estudio conjunto dispersión - correlación**

```

{r}
library(psych)
pairs.panels(x = x_antrop_dexa, ellipses = FALSE, lm = TRUE, method =
"spearman")

```

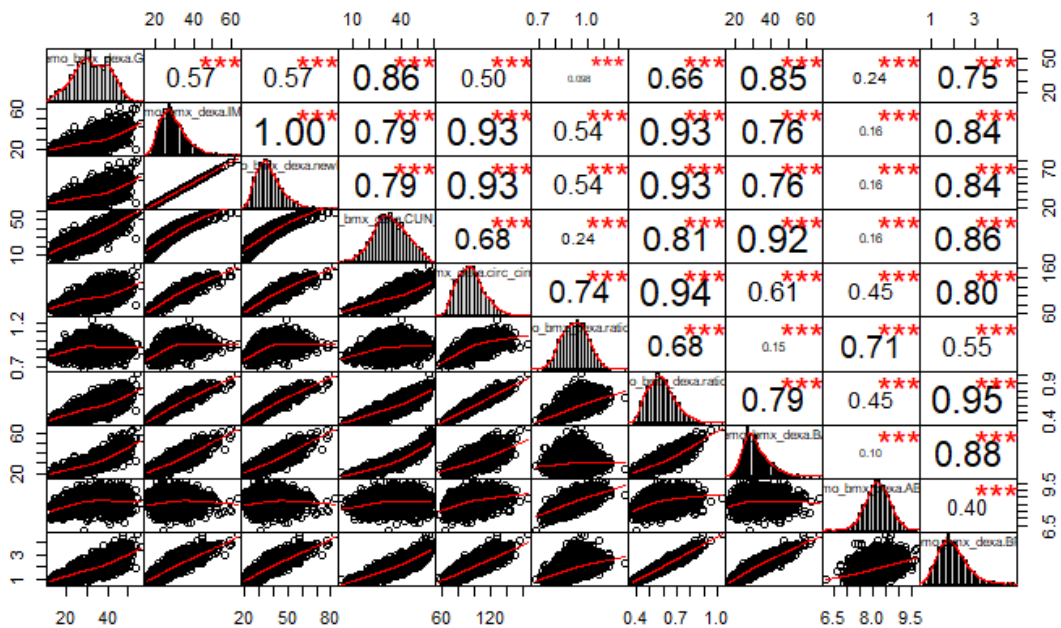


**- Estudio de la significación de la correlación**

```

{r}
library(PerformanceAnalytics)
chart.Correlation(x_antrop_dexa , method = "spearman")

```



**- Coeficiente de determinación  $R^2$  (tamaño del efecto)**

```

```{r}
R2_spearman <- cor(x_antrop_dexa, method = "spearman")
R2_spearman <- R2_spearman^2
R2_spearman
```

```

|                               |                        |                        |                      |                       |                               |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| demo_bmx_dexa_GC              | demo_bmx_dexa_GC       | demo_bmx_dexa_IMC      | demo_bmx_dexa_newIMC | demo_bmx_dexa_CUN_BAE | demo_bmx_dexa_circ_cintura_cm |
| 1.000000000                   | 1.000000000            | 0.32069773             | 0.32069773           | 0.74174441            | 0.2492636                     |
| demo_bmx_dexa_IMC             | 0.320697733            | 1.000000000            | 1.000000000          | 0.62263704            | 0.8611457                     |
| demo_bmx_dexa_newIMC          | 0.320697733            | 1.000000000            | 1.000000000          | 0.62263704            | 0.8611457                     |
| demo_bmx_dexa_CUN_BAE         | 0.741744410            | 0.62263704             | 0.62263704           | 1.000000000           | 0.4631328                     |
| demo_bmx_dexa_circ_cintura_cm | 0.249263621            | 0.86114570             | 0.86114570           | 0.46313277            | 1.0000000                     |
| demo_bmx_dexa_ratio_cc        | 0.009659379            | 0.29544040             | 0.29544040           | 0.05712614            | 0.5486136                     |
| demo_bmx_dexa_ratio_ca        | 0.434642901            | 0.86284509             | 0.86284509           | 0.66309931            | 0.8914381                     |
| demo_bmx_dexa_BAI             | 0.719337184            | 0.57348811             | 0.57348811           | 0.85247400            | 0.3749074                     |
| demo_bmx_dexa_ABSI            | 0.055652241            | 0.02429383             | 0.02429383           | 0.02409849            | 0.2028320                     |
| demo_bmx_dexa_BRI             | 0.557955700            | 0.70693559             | 0.70693559           | 0.74017670            | 0.6458205                     |
| demo_bmx_dexa_GC              | demo_bmx_dexa_ratio_cc | demo_bmx_dexa_ratio_ca | demo_bmx_dexa_BAI    | demo_bmx_dexa_ABSI    | demo_bmx_dexa_BRI             |
| 0.009659379                   | 0.009659379            | 0.4346429              | 0.71933718           | 0.05565224            | 0.5579557                     |
| demo_bmx_dexa_IMC             | 0.295440398            | 0.8628451              | 0.57348811           | 0.02429383            | 0.7069356                     |
| demo_bmx_dexa_newIMC          | 0.295440398            | 0.8628451              | 0.57348811           | 0.02429383            | 0.7069356                     |
| demo_bmx_dexa_CUN_BAE         | 0.057126144            | 0.6630993              | 0.85247400           | 0.02409849            | 0.7401767                     |
| demo_bmx_dexa_circ_cintura_cm | 0.548613555            | 0.8914381              | 0.37490743           | 0.20283202            | 0.6458205                     |
| demo_bmx_dexa_ratio_cc        | 1.000000000            | 0.4571644              | 0.02205196           | 0.49891532            | 0.3024842                     |
| demo_bmx_dexa_ratio_ca        | 0.457164438            | 1.00000000             | 0.62712490           | 0.20050912            | 0.9090336                     |
| demo_bmx_dexa_BAI             | 0.022051961            | 0.6271249              | 1.00000000           | 0.01079393            | 0.7821596                     |
| demo_bmx_dexa_ABSI            | 0.498915324            | 0.2005091              | 0.01079393           | 1.00000000            | 0.1617494                     |
| demo_bmx_dexa_BRI             | 0.302484181            | 0.9090336              | 0.78215962           | 0.16174942            | 1.0000000                     |

**9.2.2 ANÁLISIS DE REGRESIÓN: índice antropométrico IMC - variable respuesta HTA**

Este proceso se ha repetido para el estudio de la asociación del resto de los índices antropométricos con la variable HTA, y con el resto de variables respuestas analizadas en el presente proyecto (DM, DLP, MetS, IAM, AVC, MACE).

**PREPARACIÓN DE LOS DATOS**

Descarga de datos de presión arterial y unión de la variable en la tabla principal:

```

```{r}
ex_PA_total <- read_xpt
("C:/Users/silvi/OneDrive/Esritorio/TFMRdoc/BPX_J.XPT")
demo_bmx_ex_PA <- merge(demo_bmx, ex_PA_total, BY = "SENQ")
q_PA_total <- read_xpt
("C:/Users/silvi/OneDrive/Esritorio/TFMRdoc/BPQ_J.XPT")
demo_bmx_HTA <- merge(demo_bmx_ex_PA, q_PA_total, BY = "SENQ")
```

```

Unión de tablas para estudio de covariables en modelos ajustados:

```

```{r}
tabaco_total <- read_xpt
("C:/Users/silvi/OneDrive/Esritorio/TFMRdoc/SMQ_J.XPT")
demo_bmx_HTA <- merge(demo_bmx_HTA, tabaco_total, BY = "SENQ")
act.fisica_total <- read_xpt
("C:/Users/silvi/OneDrive/Esritorio/TFMRdoc/PAQ_J.XPT")
demo_bmx_HTA <- merge(demo_bmx_HTA, act.fisica_total, BY = "SENQ")
```

```

Renombrar las variables:

```

```{r}
demo_bmx_HTA$sexo <- demo_bmx_HTA$RIAGENDR
demo_bmx_HTA$edad <- demo_bmx_HTA$RIDAGEYR
demo_bmx_HTA$poblacion <- demo_bmx_HTA$RIDRETH3
demo_bmx_HTA$tabaco <- demo_bmx_HTA$SMQ040
demo_bmx_HTA$AFvigorosa <- demo_bmx_HTA$PAQ605
demo_bmx_HTA$AFmoderada <- demo_bmx_HTA$PAQ620
```

```

Conversión de la variable continua “presión arterial” (PA) en variable dicotómica “hipertensión arterial” (HTA) si = 1/ no =0.

Criterios de HTA: PA = o > 140/90 mmHg y/o reportado + de 2 veces y/o medicación antihipertensiva.

```

```{r}
HTA <- vector()
HTA[demo_bmx_HTA$BPXSY3 >= 140 ] <- 1
HTA[demo_bmx_HTA$BPXSY3 < 140 ] <- 0
HTA[demo_bmx_HTA$BPXDI3 >= 90] <- 1
HTA[demo_bmx_HTA$BPXDI3 < 90] <- 0
HTA[demo_bmx_HTA$BPQ030 == 1] <- 1
HTA[demo_bmx_HTA$BPQ030 == 2] <- 0
HTA[demo_bmx_HTA$BPQ040A == 1] <- 1
HTA[demo_bmx_HTA$BPQ040A == 2] <- 0

demo_bmx_HTA$HTA <- as.factor(HTA)
demo_bmx_HTA <- demo_bmx_HTA[!is.na(demo_bmx_HTA$HTA),]
```

```

HTA:

```

```{r}
table(demo_bmx_HTA$HTA)
```

```

| 0    | 1    |
|------|------|
| 3250 | 2014 |

Prevalencia de HTA:

```

```{r}
2014/(3250+2014)*100
```

```

[1] 38.25988

División de los datos en 2 grupos: training (entrenamiento) y prueba (test) 70:30%:

```

```{r}
n <- dim(demo_bmx_HTA)[1]
set.seed(1234)
train <- sample(1:n, 0.7*n)
demo_bmx_HTA.train <- demo_bmx_HTA[train,]
demo_bmx_HTA.test <- demo_bmx_HTA[-train,]

y_HTA.train <- demo_bmx_HTA$HTA[train]
y_HTA.test <- demo_bmx_HTA$HTA[-train]
```

```

## ESTUDIO DE REGRESIÓN

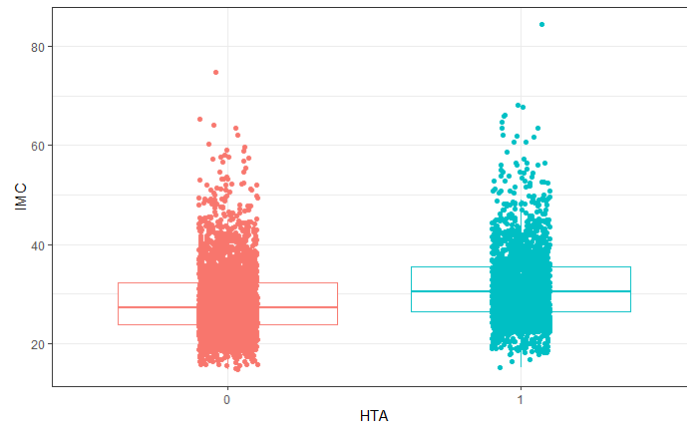
Representación de las variables:

```

```{r}
demo_bmx_HTA$HTA <- as.factor(HTA)
demo_bmx_HTA <- demo_bmx_HTA[!is.na(demo_bmx_HTA$HTA),]

ggplot(data = demo_bmx_HTA, aes(x = HTA, y = IMC, color = HTA)) +
  geom_boxplot(outlier.shape = NA) +
  geom_jitter(width = 0.1) +
  theme_bw() +
  theme(legend.position = "null")
```

```



### Modelo no ajustado - regresión logística simple:

Generar el modelo de regresión logística simple

```
{r}
mod_HTA_IMC <- glm(HTA ~ IMC, data = demo_bmx_HTA.train, family = "binomial")
summary(mod_HTA_IMC)
{r}
```

Call:

```
glm(formula = HTA ~ IMC, family = "binomial", data = demo_bmx_HTA.train)
```

Deviance Residuals:

| Min     | 1Q      | Median  | 3Q     | Max    |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| -2.0474 | -0.9560 | -0.8335 | 1.3097 | 1.7527 |

Coefficients:

|             | Estimate  | Std. Error | z value | Pr(> z )   |
|-------------|-----------|------------|---------|------------|
| (Intercept) | -2.117682 | 0.150866   | -14.04  | <2e-16 *** |
| IMC         | 0.054577  | 0.004881   | 11.18   | <2e-16 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 4820.8 on 3625 degrees of freedom  
 Residual deviance: 4687.5 on 3624 degrees of freedom  
 (58 observations deleted due to missingness)  
 AIC: 4691.5

Number of Fisher Scoring iterations: 4

Cálculo de la odds:

```
{r}
exp(0.054577)
[1] 1.056094
```

Cálculo del intervalo de confianza al 95%:

```
{r}
confint(object = mod_HTA_IMC, level = 0.95)
{r}
```

|             | 2.5 %       | 97.5 %      |
|-------------|-------------|-------------|
| (Intercept) | -2.41567885 | -1.82414724 |
| IMC         | 0.04507966  | 0.06421893  |

```

{r}
exp(0.04507966)
exp(0.06421893)
[1] 1.046111
[1] 1.066326

```

Gráfico del modelo:

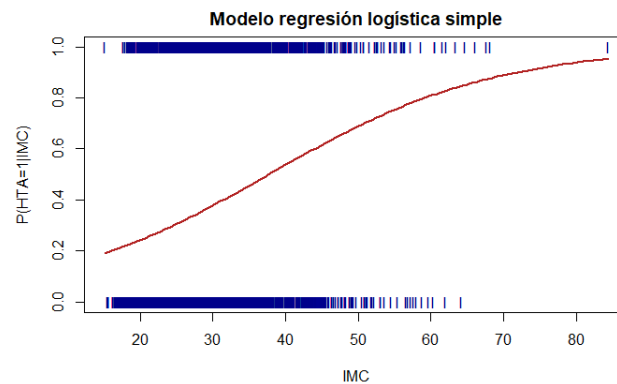
```

{r}
Codificación 0,1 de la variable respuesta
demo_bmx_HTA.train$HTA <- as.character(demo_bmx_HTA.train$HTA)
demo_bmx_HTA.train$HTA <- as.numeric(demo_bmx_HTA.train$HTA)

plot(HTA ~ IMC, demo_bmx_HTA.train, col = "darkblue",
 main = "Modelo regresión logística simple",
 ylab = "P(HTA=1|IMC)",
 xlab = "IMC", pch = "I",
 ylim = c(0,1))

type = "response" devuelve las predicciones en forma de probabilidad en
lugar de en log_ODDS
curve(predict(mod_HTA_IMC, data.frame(IMC = x), type = "response"),
 col = "firebrick", lwd = 2.5, add = TRUE)

```



Evaluación del modelo:

```

{r}
anova(mod_HTA_IMC, test = "Chisq")

```

Analysis of Deviance Table

Model: binomial, link: logit

Response: HTA

Terms added sequentially (first to last)

|      | Df | Deviance | Resid. Df | Resid. Dev | Pr(>Chi)      |
|------|----|----------|-----------|------------|---------------|
| NULL |    |          | 3625      | 4820.8     |               |
| IMC  | 1  | 133.31   | 3624      | 4687.5     | < 2.2e-16 *** |

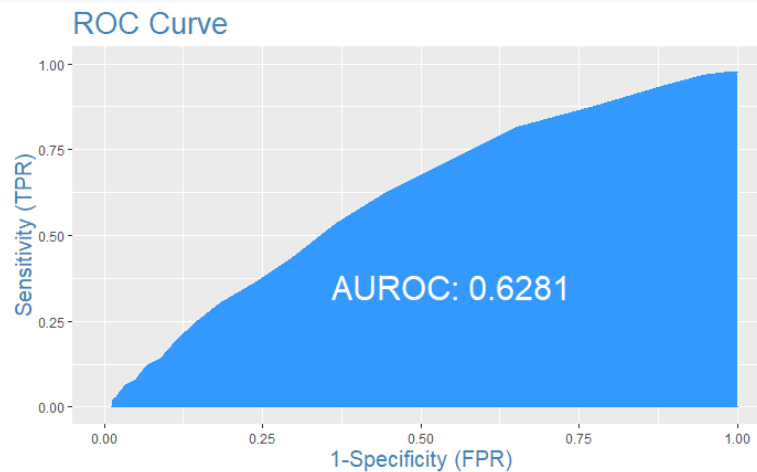
---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Curva ROC:

```

{r}
predicted_mod_HTA_IMC <- plogis(predict(mod_HTA_IMC, demo_bmx_HTA.test))
plotROC(demo_bmx_HTA.test$HTA, predicted_mod_HTA_IMC)

```



### Modelo ajustado - regresión logística múltiple:

Generar el modelo de regresión logística múltiple con todas las covariables:

```

{r}
mod1_HTA_IMC <- glm(HTA ~ IMC
 + C(as.factor(RIAGENDR), base = 1)
 + RIDAGEYR
 + C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)
 + C(as.factor(SMQ020), base = 1)
 + C(as.factor(PAQ605), base = 1)
 + C(as.factor(PAQ620), base = 1)
 , data = demo_bmx_HTA.train, family = "binomial")
summary(mod1_HTA_IMC)

```

Call:

```

glm(formula = HTA ~ IMC + C(as.factor(RIAGENDR), base = 1) +
 RIDAGEYR + C(as.factor(RIDRETH3), base = 1) + C(as.factor(SMQ020),
 base = 1) + C(as.factor(PAQ605), base = 1) + C(as.factor(PAQ620),
 base = 1), family = "binomial", data = demo_bmx_HTA.train)

```

Deviance Residuals:

| Min     | 1Q      | Median  | 3Q     | Max    |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| -2.3416 | -0.8204 | -0.3897 | 0.9124 | 2.6654 |

Coefficients:

|                                   | Estimate  | Std. Error | z value | Pr(> z ) |     |
|-----------------------------------|-----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                       | -6.224598 | 0.291353   | -21.364 | < 2e-16  | *** |
| IMC                               | 0.070068  | 0.005875   | 11.926  | < 2e-16  | *** |
| C(as.factor(RIAGENDR), base = 1)2 | -0.210059 | 0.083851   | -2.505  | 0.0122   | *   |
| RIDAGEYR                          | 0.067491  | 0.002737   | 24.662  | < 2e-16  | *** |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)2 | -0.006033 | 0.179004   | -0.034  | 0.9731   |     |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)3 | 0.087645  | 0.136628   | 0.641   | 0.5212   |     |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)4 | 0.757026  | 0.141963   | 5.333   | 9.68e-08 | *** |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)5 | 0.371814  | 0.162097   | 2.294   | 0.0218   | *   |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)6 | 0.483443  | 0.206731   | 2.339   | 0.0194   | *   |
| C(as.factor(SMQ020), base = 1)2   | -0.152387 | 0.085424   | -1.784  | 0.0744   | .   |
| C(as.factor(PAQ605), base = 1)2   | -0.026309 | 0.108497   | -0.242  | 0.8084   |     |
| C(as.factor(PAQ605), base = 1)3   | 0.288603  | 1.629526   | 0.177   | 0.8594   |     |
| C(as.factor(PAQ620), base = 1)2   | -0.039834 | 0.093393   | -0.427  | 0.6697   |     |
| C(as.factor(PAQ620), base = 1)3   | -1.442194 | 1.259619   | -1.145  | 0.2522   |     |

---

signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 4820.8 on 3625 degrees of freedom  
Residual deviance: 3744.8 on 3612 degrees of freedom  
(58 observations deleted due to missingness)  
AIC: 3772.8

Number of Fisher Scoring iterations: 4

Generar el modelo de regresión logística múltiple con las covariables estadísticamente significativas:

```

{r}
mod1_HTA_IMC <- glm(HTA ~ IMC
 + C(as.factor(RIAGENDR), base = 1)
 + RIDAGEYR
 + C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)
 , data = demo_bmx_HTA.train, family = "binomial")
summary(mod1_HTA_IMC)

```

```

Call:
glm(formula = HTA ~ IMC + C(as.factor(RIAGENDR), base = 1) +
 RIDAGEYR + C(as.factor(RIDRETH3), base = 1), family = "binomial",
 data = demo_bmx_HTA.train)

```

Deviance Residuals:

| Min     | 1Q      | Median  | 3Q     | Max    |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| -2.3170 | -0.8150 | -0.3908 | 0.9120 | 2.6347 |

Coefficients:

|                                   | Estimate  | Std. Error | z value | Pr(> z ) |     |
|-----------------------------------|-----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                       | -6.345447 | 0.283393   | -22.391 | < 2e-16  | *** |
| IMC                               | 0.070241  | 0.005868   | 11.971  | < 2e-16  | *** |
| C(as.factor(RIAGENDR), base = 1)2 | -0.255686 | 0.080332   | -3.183  | 0.00146  | **  |
| RIDAGEYR                          | 0.067574  | 0.002677   | 25.247  | < 2e-16  | *** |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)2 | -0.012876 | 0.178625   | -0.072  | 0.94253  |     |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)3 | 0.108844  | 0.135697   | 0.802   | 0.42249  |     |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)4 | 0.756173  | 0.141489   | 5.344   | 9.07e-08 | *** |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)5 | 0.339516  | 0.160631   | 2.114   | 0.03455  | *   |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)6 | 0.512030  | 0.205252   | 2.495   | 0.01261  | *   |

---  
signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 4820.8 on 3625 degrees of freedom  
Residual deviance: 3749.9 on 3617 degrees of freedom  
(58 observations deleted due to missingness)  
AIC: 3767.9

Number of Fisher Scoring iterations: 4

Cálculo de la odds:

```

{r}
exp(0.070241)

```

[1] 1.072767

Cálculo del intervalo de confianza al 95%:

```

{r}
confint(object = mod1_HTA_IMC, level = 0.95)

```

|             | 2.5 %       | 97.5 %      |
|-------------|-------------|-------------|
| (Intercept) | -6.90910386 | -5.79781995 |
| IMC         | 0.05883519  | 0.08184696  |



```

C(as.factor(RIAGENDR), base = 1)2 -0.41337457 -0.09839965
RIDAGEYR 0.06239681 0.07289249
C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)2 -0.36380670 0.33682765
C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)3 -0.15608239 0.37615140
C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)4 0.48033224 1.03523336
C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)5 0.02519470 0.65517325
C(as.factor(RIDRETH3), base = 1)6 0.10879949 0.91400659

```

```

```{r}
exp(0.07181775)
exp(0.09580706)
```

[1] 1.0606
[1] 1.08529

```

Evaluación del modelo:

```

```{r}
anova(mod1_HTA_IMC, test = "Chisq")
```

```

Analysis of Deviance Table

Model: binomial, link: logit

Response: HTA

Terms added sequentially (first to last)

|                                  | Df | Deviance | Resid. Df | Resid. Dev | Pr(>Chi)    |
|----------------------------------|----|----------|-----------|------------|-------------|
| NULL                             |    |          | 3625      | 4820.8     |             |
| IMC                              | 1  | 133.31   | 3624      | 4687.5     | < 2.2e-16   |
| ***                              |    |          |           |            |             |
| C(as.factor(RIAGENDR), base = 1) | 1  | 10.08    | 3623      | 4677.4     | 0.001495 ** |
| RIDAGEYR                         | 1  | 873.33   | 3622      | 3804.1     | < 2.2e-16   |
| ***                              |    |          |           |            |             |
| C(as.factor(RIDRETH3), base = 1) | 5  | 54.10    | 3617      | 3749.9     | 1.996e-10   |
| ***                              |    |          |           |            |             |
| ---                              |    |          |           |            |             |

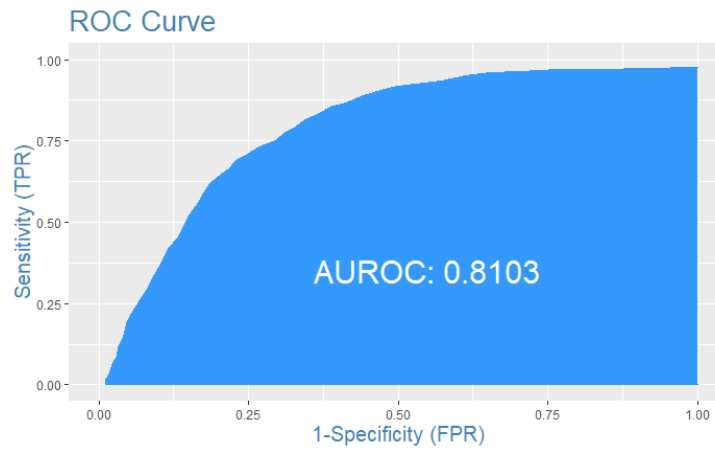
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Curva ROC:

```

```{r}
predicted_mod1_HTA_IMC <- plogis(predict(mod1_HTA_IMC, demo_bmx_HTA.test))
plotROC(demo_bmx_HTA.test$HTA, predicted_mod1_HTA_IMC)
```

```



### ESTUDIO COMPARATIVO CURVAS ROC

```

{r}
library(pROC)
objroc_HTA_IMC <- roc(demo_bmx_HTA.test$HTA,
predicted_mod_HTA_IMC, auc=T, ci=T, print.thres = "best")
objroc1_HTA_IMC <- roc(demo_bmx_HTA.test$HTA,
predicted_mod1_HTA_IMC, auc=T, ci=T, print.thres = "best")

```

Modelo NO ajustado:

```

{r}
auc(objroc_HTA_IMC)
ci(objroc_HTA_IMC)
coords(objroc_HTA_IMC, "best")

```

Area under the curve: 0.6068  
95% CI: 0.5787-0.6349 (DeLong)

| threshold<br><dbl> | specificity<br><dbl> | sensitivity<br><dbl> |
|--------------------|----------------------|----------------------|
| 0.3450075          | 0.5289256            | 0.6638514            |

Modelo Ajustado:

```

{r}
auc(objroc1_HTA_IMC)
ci(objroc1_HTA_IMC)
coords(objroc1_HTA_IMC, "best")

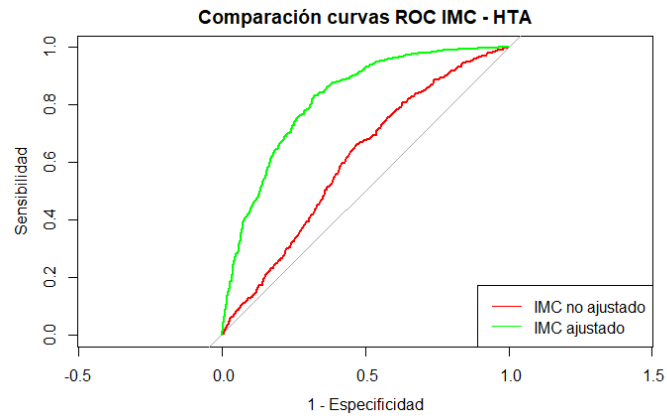
```

Area under the curve: 0.8183  
95% CI: 0.7975-0.839 (DeLong)

| threshold<br><dbl> | specificity<br><dbl> | sensitivity<br><dbl> |
|--------------------|----------------------|----------------------|
| 0.3434012          | 0.677686             | 0.8310811            |

Comparación curvas ROC:

```
```\r}\nplot(objroc_HTA_IMC , col="red", xlab="1 - Especificidad",\nylab="Sensibilidad",\n     main="Comparación curvas ROC IMC - HTA", legacy.axes = TRUE)\nplot(objroc1_HTA_IMC, col="green", add=TRUE)\n\nlegend("bottomright", legend=c("IMC no ajustado", "IMC ajustado"),\n      col=c("red", "green"), lwd=0.5)\n```\n
```



9.3 ANEXO 3. ARTÍCULO CIENTÍFICO**Índices antropométricos de adiposidad como predictores de factores de riesgo cardiovascular: Índices basados en el peso vs. Índices basados en la forma**

Sílvia Ballesta¹, Elisabeth Ortega Carrasco¹, Candelaria Lucía Hernández de la Fuente¹, Antoni Pérez Navarro¹.

¹*Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Barcelona, España.*

Palabras clave: antropometría, composición corporal, síndrome metabólico, enfermedad vascular, modelos de regresión.

Número de palabras: Abstract: 254, Texto principal: 2758

Tablas: 2; **Referencias:** 17

Autor de correspondencia:

Sílvia Ballesta Purroy

silvia.ballesta@gmail.com

49 Abstract

50

51 **Objetivo:** Evaluar la viabilidad de distintos índices antropométricos de adiposidad en la
52 predicción de los factores de riesgo cardiovasculares clásicos y del síndrome metabólico en una
53 muestra de población adulta heterogénea.

54

55 **Diseño del estudio y métodos:** Se realiza un estudio observacional transversal mediante la
56 población adulta (≥ 18 años) que participó en la encuesta de salud del programa público
57 estadounidense NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) el año 2017-
58 2018. Se realiza un análisis de regresión logística simple para el cálculo de la *odds ratio* y su
59 intervalo de confianza al 95% (IC95%) para cada índice antropométrico en su asociación con
60 cada una de las variables fenotípicas de riesgo cardiovascular evaluadas y, adicionalmente, un
61 análisis de regresión logística múltiple para obtener los modelos ajustados. Se describe el poder
62 discriminativo de los índices de adiposidad para la predicción de factores de riesgo
63 cardiovascular mediante el área bajo la curva (AUC) de la *receiver operating characteristic*
64 *curve* (ROC), comparando los modelos simples con los modelos ajustados.

65

66 **Resultados:** Los modelos con mayor poder discriminativo son los modelos ajustados de:
67 CUN_BAE para hipertensión y dislipemia (AUC 0,823 IC95% 0,802-0,844, AUC 0,754 IC95%
68 0,730-0,779, respectivamente); ratio cintura-cadera para diabetes (AUC 0,815 IC95% 0,788-
69 0,843) y circunferencia de cintura para síndrome metabólico (AUC 0,828, IC95% 0,801-0,855).

70

71 **Conclusiones:** De los índices antropométricos basados en el peso, la fórmula CUN_BAE es la
72 que presenta un mayor poder discriminativo para el riesgo cardiovascular, mientras que de los
73 índices antropométricos basados en la forma destacan la circunferencia de cintura, la ratio
74 cintura-cadera y la ratio cintura-altura.

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104 Introducción

105 El exceso de adiposidad y, en especial, la adiposidad visceral, constituye el principal factor
106 predictor de síndrome metabólico (MetS) y se relaciona con el riesgo de enfermedad
107 cardiovascular [1,2], que es la principal causa de mortalidad en los países desarrollados según
108 datos de la World Health Organization (WHO) del 2018. Por eso, la detección precoz de la
109 presencia de adiposidad mediante índices no invasivos ha sido y sigue siendo un campo de
110 estudio en continuo desarrollo. Des de principios del siglo XVIII se han descrito diferentes
111 índices antropométricos usados como medida indirecta de la adiposidad corporal total y de la
112 adiposidad abdominal [1]. Dada su correlación con el porcentaje de grasa corporal, estas
113 medidas presentan diferentes grados de asociación con comorbilidades cardiometabólicas,
114 adquiriendo valor por su poder discriminativo como predictores de riesgo cardiovascular [1].
115 Dichos índices antropométricos se pueden clasificar en aquellos basados en el peso corporal –
116 índice de masa corporal (IMC), new IMC, Clínica Universidad de Navarra – Body Adiposity
117 Estimator (CUN_BAE) - y en los basados en la forma corporal – circunferencia de cintura (WC:
118 waist circumference), ratio cintura-cadera (WHR: waist circumference to hip circumference
119 ratio), ratio cintura-altura (WHtR: waist circumference to height ratio), Body Adiposity Index
120 (BAI), Body Shape Index (ABSI), Body Roundness Index (BRI) [1]. Los resultados de estudios
121 recientes sugieren que las medidas basadas en el peso corporal, particularmente la fórmula
122 CUN-BAE, presentan mayor asociación con la grasa corporal total, mientras que los índices
123 basados en la forma corporal, como los índices WC [1], WHtR [1] y el BRI [3,4], tienen mayor
124 asociación con la presencia de factores de riesgo cardiovascular, aunque algunos resultados son
125 inconsistentes.

126
127 Los factores de riesgo cardiovasculares clásicos consisten en la elevación de la presión arterial
128 (hipertensión arterial), elevación de la glucosa plasmática (diabetes mellitus) y la dislipemia
129 (elevación de niveles de colesterol LDL) [1]. Otras alteraciones del perfil lipídico, como la
130 elevación de triglicéridos y apolipoproteína B, partículas LDL pequeñas y densas, y bajos
131 niveles de colesterol HDL, también se han asociado con el riesgo cardiovascular, así como el
132 estado protrombótico y el estado proinflamatorio [2]. Otros factores tradicionales de riesgo
133 cardiovascular son la edad, el sexo y el tabaquismo [2]. El MetS consiste en la presencia de
134 múltiples de dichos factores de riesgo metabólicos, que se interrelacionan entre ellos y con la
135 presencia de grasa visceral, y que se asocian a un aumento del riesgo de desarrollar enfermedad
136 cardiovascular aterosclerótica [2].

137
138 Son numerosos los estudios publicados que evalúan la viabilidad de diferentes índices
139 antropométricos y de distintos componentes del análisis de composición corporal como
140 predictores del riesgo cardiovascular, del MetS y de la enfermedad cardiovascular. A pesar de
141 ello, existen importantes limitaciones, y es que la mayoría de dichos trabajos analizan uno o
142 pocos de los índices existentes, en muestras poblacionales pequeñas [1-6], rangos de edad
143 específicos (adultos jóvenes, ancianos,...)[1,5], o en grupos raciales determinados (británicos,
144 chinos, peruanos,...)[1-5,7]. Además algunos resultados son inconsistentes y discrepantes entre
145 los diferentes estudios [1]. Todo ello dificulta la comparación y extrapolación de los resultados
146 descritos y el uso de dichos índices a la práctica clínica habitual. Se hace patente la necesidad de
147 disponer de estudios más consistentes para ampliar el conocimiento en este campo, para poder
148 mejorar la detección precoz del riesgo cardiovascular con medidas no invasivas con el objetivo
149 final de implantar medidas preventivas que reduzcan la mortalidad cardiovascular en pacientes
150 de alto riesgo.

151
152 Por lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se pretende evaluar la viabilidad de los
153 distintos índices antropométricos de adiposidad en la predicción de factores de riesgo
154 cardiovasculares clásicos y del MetS en una muestra de población adulta heterogénea.

155
156
157
158

159 **Diseño del estudio y Métodos**

160

161 **Diseño del estudio y población de estudio:** Se trata de un estudio observacional transversal
162 basado en el análisis de la población adulta (≥ 18 años) que participó en la encuesta de salud del
163 programa público estadounidense NHANES (*National Health and Nutrition Examination*
164 *Survey*) (<https://wwwn.cdc.gov/nchs/nhanes/Default.aspx>) el año 2017-2018. La encuesta
165 examina una muestra representativa a nivel nacional de unas 5.000 personas cada año. Incluye
166 preguntas demográficas, socioeconómicas, dietéticas y relacionadas con la salud. El examen
167 físico consta de mediciones médicas, dentales y de variables fisiológicas, así como pruebas de
168 laboratorio.

169

170 **Datos clínicos:** Dentro de los datos clínicos que se incluyen en la encuesta NHANES, se han
171 recogido como covariables datos demográficos (edad, sexo, población), hábitos tóxicos
172 (tabaquismo) y datos de estilo de vida (actividad física moderada y actividad física vigorosa). El
173 tabaquismo se ha definido como el consumo de al menos 100 cigarrillos a lo largo de la vida. La
174 actividad física moderada corresponde a aquella que en sus trabajos habituales (remunerados o
175 no remunerados) provoca a los sujetos pequeños aumentos de la respiración o la frecuencia
176 cardíaca de forma continua durante al menos 10 minutos, mientras que la actividad física
177 vigorosa se define por grandes aumentos de la frecuencia respiratoria o cardíaca durante al
178 menos 10 minutos en dichas actividades.

179

180 **Índices antropométricos de adiposidad:** Los índices antropométricos se han calculado en base
181 a los parámetros de exploración física registrados en la encuesta NHANES. En la tabla 1 se
182 exponen las ecuaciones usadas para el cálculo de los diferentes índices antropométricos
183 analizados en este estudio [8-15].

184

185 **Factores de riesgo cardiovascular clásicos y síndrome metabólico:** En base a los datos
186 disponibles de la encuesta NHANES, se ha definido “Hipertensión arterial (HTA)” como
187 presión arterial sistólica (PAS) ≥ 140 mm Hg y/o presión arterial diastólica (PAD) ≥ 90 mm Hg
188 en la exploración física del sujeto y/o HTA reportada al paciente en al menos 2 ocasiones y/o
189 medicación antihipertensiva reportada por el sujeto; “Diabetes mellitus (DM)” como HbA1c \geq
190 6,5% y/o DM reportada por el sujeto y/o medicación con insulina y/o medicación con agentes
191 hipoglucemiantes orales reportada por el sujeto; “Dislipemia (DLP)” como niveles séricos de
192 colesterol total ≥ 200 mg/dl y/o niveles reducidos de colesterol HDL < 40 mg/dl en hombres/ $<$
193 50 mg/dl en mujeres y/o DLP reportada por el sujeto y/o medicación hipolipemiente reportada
194 por el sujeto. Según los criterios diagnósticos modificados de la *National Cholesterol Education*
195 *Program* (NCEP) *Adult Treatment Panel III* (ATP-III) (2014), el “ Síndrome metabólico
196 (MetS)” se define con la presencia de 3 de los siguientes 5 factores de riesgo cardiovascular [2]:
197 Elevada circunferencia de cintura: ≥ 102 cm en hombres y ≥ 88 cm en mujeres; Niveles
198 elevados de triglicéridos (TG): ≥ 150 mg/dl o tratamiento farmacológico específico; Niveles
199 reducidos de colesterol HDL (c-HDL): < 40 mg/dl en hombres y < 50 g/dl en mujeres o
200 tratamiento farmacológico específico; Presión arterial elevada: Presión arterial sistólica (PAS) \geq
201 130 mm Hg o presión arterial diastólica (PAD) ≥ 85 mm Hg o tratamiento farmacológico
202 específico; Glucosa en ayunas elevada: ≥ 100 mg/dl o tratamiento específico. Dado que la
203 variable “niveles séricos de TG” no está recogida en la encuesta NHANES, se ha excluido este
204 criterio para la definición de MetS en el presente trabajo, siendo necesaria la presencia de al
205 menos 3 de los 4 criterios restantes.

206

207 **Análisis estadístico:** Para todas las variables analizadas se aplica un test de contraste de
208 normalidad para estudiar la distribución en la muestra, utilizando el test de Kolmogorov-
209 Smirnov (muestras con $n \geq 50$). Se realiza un análisis descriptivo de las variables más
210 relevantes. Las variables continuas con distribución normal son expresadas en base el número
211 total de pacientes, el porcentaje, la media y la desviación estándar; mientras que si la
212 distribución no es normal, se expresan en base el número total de pacientes, el porcentaje, la
213 mediana y el rango intercuartílico. Las variables cualitativas se reportan en base a su

214 distribución de frecuencia relativa y absoluta. Se realiza un análisis de regresión logística simple
215 para el cálculo de la *odds ratio* y su IC95% de cada índice antropométrico para las 4 variables
216 fenotípicas evaluadas (HTA, DM, DLP, MetS). Adicionalmente se lleva a cabo un análisis de
217 regresión logística múltiple para obtener los modelos ajustados con las siguientes covariables:
218 edad, sexo, población, tabaquismo, actividad física moderada, actividad física vigorosa.
219 Solamente se incluyen en el modelo ajustado final aquellas covariables estadísticamente
220 significativas en el modelo conjunto. Finalmente, se describe el poder discriminativo de los
221 índices de adiposidad para la predicción de factores de riesgo cardiovascular mediante el área
222 bajo la curva (AUC) de la *receiver operating characteristic curve* (ROC), comparando los
223 modelos simples con los modelos ajustados. Se utiliza un valor de $p < 0,05$ bilateral como
224 estadísticamente significativo. El análisis estadístico se realiza mediante el *software R* (*The R*
225 *Project for Statistical Computing*).
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268

269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321

Resultados

Características basales de los sujetos: Se incluyeron un total de 5533 sujetos de igual o más de 18 años que respondieron la encuesta NHANES en el 2017-2018. La edad media de los participantes fue de 51 años (33-65). 2672 (48,29%) de los participantes eran hombres y 2861 (51,70%) eran mujeres. En relación a la distribución por poblaciones, 752 (13,59%) sujetos eran mexicanos americanos, 519 (9,38%) otros hispanicos, 1898 (34,30%) blancos no hispanicos, 1283 (23,19%) negros no hispanicos, 793 (14,33%) asiaticos no hispanicos y 277 (5,20%) multirraciales/otras. 2232 (40,34%) sujetos se definieron como fumadores y 3301 (59,66%) como no fumadores. Un total de 2314 (41,82%) sujetos refirieron tener una actividad física moderada, mientras que 1325 (23,95%) definieron su actividad física como vigorosa.

Prevalencia de factores de riesgo cardiovasculares clásicos y síndrome metabólico: Se disponía de datos de HTA en 5264 de los sujetos totales, siendo 2014 (38,26%) hipertensos y 3250 (61,74%) no hipertensos. Todos los sujetos de la muestra tenían datos sobre DM, siendo 686 (12,40%) diabéticos y 4847 (87,60%) no diabéticos. En referencia a los datos de DLP, se disponía de datos de 5530 sujetos, siendo 1670 (30,20%) dislipémicos y 3860 (69,80%) no dislipémicos. Según los criterios de MetS definidos en este estudio, se disponía de datos de 4921 sujetos, cumpliendo criterios de MetS un total de 488 (9,92%) sujetos y no cumpliéndolos los restantes 4433 (90,08%) sujetos.

Asociación de los índices antropométricos con los factores de riesgo cardiovasculares clásicos y el síndrome metabólico: Todos los índices antropométricos evaluados presentan una *odds ratio* > 1 para el riesgo de HTA, DM, DLP y MetS, de forma estadísticamente significativa (*p*-valor < 0,05), tanto en los modelos simples como en los modelos ajustados (Tabla 2).

Análisis comparativo del poder discriminativo mediante el AUC de las curvas ROC: El AUC de las curvas ROC como medida del poder discriminativo de cada índice antropométrico de adiposidad para cada una de las variables fenotípicas evaluadas (HTA, DM, DLP, MetS), mejora en todos los modelos ajustados con las covariables edad, sexo, población, tabaquismo, actividad física moderada y actividad física vigorosa (Tabla 2).

Para HTA, los modelos con mayor poder discriminativo son los modelos ajustados de CUN_BAE y el de circunferencia de cintura (AUC 0,823 IC95% 0,802-0,843, AUC de 0,822 IC95% 0,801-0,843, respectivamente). Para DM, es el modelo ajustado de ratio cintura-cadera (AUC 0,815 IC95% 0,788-0,843), seguido del ratio cintura-altura (AUC 0,805 IC95% 0,778-0,833) y de la circunferencia de cintura (AUC 0,803 IC95% 0,776-0,831). Para DLP, es el modelo ajustado de la fórmula CUN_BAE (AUC 0,754 IC95% 0,730-0,779), seguido de la circunferencia de cintura (AUC 0,753 IC95% 0,728-0,778) y de la ratio cintura-cadera (AUC 0,752 IC95% 0,728-0,779). En referencia al poder discriminativo para MetS, el modelo más potente es el modelo ajustado de la circunferencia de cintura (AUC 0,828 IC95% 0,801-0,855), seguido de la ratio cintura-altura (AUC 0,811 IC95% 0,783-0,839) y de la fórmula CUN_BAE (AUC 0,819 IC95% 0,791-0,847) (Tabla 2).

El modelo no ajustado con menor poder discriminativo para HTA, DM y DLP, es el basado en la fórmula BAI (AUC 0,599 IC95% 0,570-0,669 para HTA; AUC 0,580 IC95% 0,535-0,626 para DM; AUC 0,547 IC95% 0,515-0,78 para DLP). En los modelos ajustados, el modelo con menor poder discriminativo para HTA, DM y DLP, pasa a ser el basado en la fórmula ABSI (AUC 0,792 IC95% 0,769-0,815 para HTA; AUC 0,777 IC95% 0,747-0,807 para DM; AUC 0,745 IC95% 0,719-0,770 para DLP). En el caso del MetS, los modelos con menor poder discriminativo son los basados en la fórmula ABSI, tanto en el modelo de regresión simple (AUC 0,672 IC95% 0,629-0,716), como en el modelo múltiple ajustado (AUC 0,742 IC95% 0,707-0,776) (Tabla 2).

322 Discusión

323 Para las cuatro variables fenotípicas evaluadas (HTA, DM, DLP, MetS), los índices
324 antropométricos basados en el peso (IMC, newIMC, CUN_BAE) presentan una *odds ratio*
325 menor que la mayoría de los índices antropométricos basados en la forma (ratio cintura/cadera,
326 ratio cintura/altura, ABSI y BRI), a excepción de la circunferencia de cintura y la fórmula BAI
327 en los modelos no ajustados. En los modelos ajustados se mantienen estas diferencias, a
328 excepción de la mejora de la fórmula BAI respecto el newIMC en su asociación con DM.

329
330 Las AUC de las ROC mejoran en todos los modelos ajustados por las covariables edad, sexo,
331 población, tabaquismo, actividad física moderada y actividad física vigorosa. Este es el
332 resultado esperable y plausible, al estar consistentemente establecidos la edad, el sexo y el
333 tabaquismo como factores de riesgo cardiovascular [2]. También está ampliamente descrito que
334 los diferentes grupos poblacionales raciales/étnicos presentan características genéticas y
335 ambientales específicas que les condicionan diferente riesgo cardiovascular ante fenotipos
336 físicos similares [16], por lo que se hace evidente que se trata de una variable relevante a tener
337 en cuenta en los estudios de los índices antropométricos de adiposidad como predictores del
338 riesgo cardiovascular. Este hecho se pone de manifiesto en la propuesta de definición de MetS
339 con una medida del perímetro de cintura distinta adaptada a poblaciones específicas [17]. Por
340 este hecho, los resultados de estudios previos sobre el poder predictivo de algunos índices
341 antropométricos para el riesgo cardiovascular realizados en grupos raciales determinados [1-5,7]
342 no son generalizables. El presente trabajo aporta unos modelos realizados sobre una muestra
343 poblacional muy heterogénea con representantes de distintos grupos étnicos y, por lo tanto, con
344 mayor validez externa.

345
346 Atendiendo al poder discriminativo de los modelos basados en el AUC, tanto para HTA como
347 para DLP, los modelos ajustados basados en la fórmula CUN_BAE presentan el mayor poder
348 discriminativo. Para ambas variables fenotípicas, se siguen sin demasiada diferencia los
349 modelos basados en la circunferencia de cintura, y de la ratio cintura-cadera para DLP. En el
350 caso de la DM, los modelos con mayor poder discriminativo son aquellos basados en la cintura
351 (ratio cintura-cadera, ratio cintura-altura y circunferencia de cintura). Y finalmente, para
352 discriminar MetS, el modelo más potente es el basado en la circunferencia de cintura, seguido
353 de la ratio cintura-altura y de la fórmula CUN_BAE. Por tanto, en una visión general de los
354 resultados, se observa que tanto los modelos basados en la fórmula CUN_BAE como los
355 modelos basados en el perímetro abdominal son válidos para la evaluación de los factores de
356 riesgo cardiovasculares. Dichos resultados son concordantes con el hecho que la fórmula CUN-
357 BAE presenta una buena asociación con la grasa corporal total [1], y los índices basados en la
358 forma, particularmente aquellos que tienen en cuenta el perímetro abdominal, son un reflejo de
359 la adiposidad visceral que constituye el principal factor predictor de síndrome metabólico
360 (MetS) y se relaciona con el riesgo de enfermedad cardiovascular [1,2]. A diferencia de lo que
361 se ha publicado en otros estudios [3,4], en el presente trabajo no se ha establecido que los
362 modelos basados en la fórmula BRI sean de los mejores, aunque sus respectivas AUCs de las
363 ROC para discriminar HTA, DM, DLP y MetS son razonablemente aceptables y se acercan
364 estrechamente a las de los modelos más potentes.

365
366 Este estudio no está excepto de limitaciones. El principal factor limitante es que en la definición
367 de las variables fenotípicas evaluadas (HTA, DM, DLP y MetS) se incluyen parámetros
368 referidos por los sujetos en la encuesta NHANES, por lo que puede existir un sesgo de
369 memoria. Tampoco se pueden descartar errores de codificación. Lo mismo aplica en la recogida
370 de las covariables (edad, sexo, tabaquismo, población, actividad física moderada, actividad
371 física vigorosa) usadas para el estudio de los modelos de regresión logística ajustados.

372 Conclusiones

373 Todos los índices antropométricos de adiposidad se relacionan con los factores de riesgo
374 cardiovascular clásicos y el síndrome metabólico de forma estadísticamente significativa. De los
375 índices antropométricos basados en el peso, la fórmula CUN_BAE es la que presenta un mayor
376

377 poder discriminativo para el riesgo cardiovascular, mientras que de los índices antropométricos
378 basados en la forma destacan la circunferencia de cintura, la ratio cintura-cadera y la ratio
379 cintura-altura. Plausiblemente, la asociación previamente descrita de la fórmula CUN-BAE con
380 la grasa corporal total, y la de los índices basados en el perímetro abdominal con la grasa
381 visceral, podrían explicar gran parte de los resultados de este estudio.
382

383 **Conflicto de intereses**

384 No existen conflictos de intereses en la realización del presente trabajo.
385
386

387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449

Bibliografía

1. Amirabdollahian F, Haghghatdoost F. Anthropometric indicators of adiposity related to body weight and body shape as cardiometabolic risk predictors in British young adults: Superiority of waist-to-height ratio. *J Obes*. 2018;2018.
2. Chang Y, Guo X, Chen Y, Guo L, Li Z, Yu S, et al. A body shape index and body roundness index: Two new body indices to identify diabetes mellitus among rural populations in northeast China. *BMC Public Health* [Internet]. 2015;15(1):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-015-2150-2>.
3. Stefanescu A, Revilla L, Lopez T, Sanchez SE, Williams MA, Gelaye B. Using A Body Shape Index (ABSI) and Body Roundness Index (BRI) to predict risk of metabolic syndrome in Peruvian adults. *J Int Med Res*. 2019;48(1).
4. Gu Z, Li D, He H, Wang J, Hu X, Zhang P, et al. Body mass index, waist circumference, and waist-to-height ratio for prediction of multiple metabolic risk factors in Chinese elderly population. *Sci Rep* [Internet]. 2018;8(1):8–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-18854-1>.
5. Ramdas Nayak VK, Nayak KR, Vidyasagar S, Kamath A. Body composition analysis, anthropometric indices and lipid profile markers as predictors for prediabetes. *PLoS One*. 2018;13(8):1–14.
6. Tian S, Zhang X, Xu Y, Dong H. Feasibility of body roundness index for identifying a clustering of cardiometabolic abnormalities compared to BMI, waist circumference and other anthropometric indices: The China health and nutrition survey, 2008 to 2009. *Med (United States)*. 2016;95(34).
7. Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute scientific statement: Executive Summary. *Crit Pathw Cardiol*. 2005;4(4):198–203.
8. Gysel C. [Adolphe Quetelet (1796-1874). The statistics and biometry of growth]. *Orthod Fr*. 1974;45(1):643–77.
9. Burton RF. The new body mass index as a predictor of postoperative complications in elective colorectal cancer surgery. *Clin Nutr ESPEN* [Internet]. 2016;11(August 2015):e70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnesp.2015.08.004>.
10. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Catalán V, Rodríguez A, Galofré JC, Escalada J, et al. Clinical usefulness of a new equation for estimating body fat. *Diabetes Care*. 2012;35(2):383–8.
11. World Health Organization. Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation. Geneva, Switzerland; 2008.
12. Ashwell M. A new shape chart for assessing the risks of obesity. *Proc Nutr Soc*. 1995;54:86.
13. Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, Sumner AE, Reynolds JC, Sebring NG, et al. A better Index of body adiposity. *Obes (Silver Spring)*. 2012;19(5):1083–9.
14. Krakauer NY, Krakauer JC. A new body shape index predicts mortality hazard independently of body mass index. *PLoS One*. 2012;7(7).
15. Thomas DM, Bredlau C, Bosy-Westphal A, Mueller M, Shen W, Gallagher D, et al. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue emerging from a new geometrical model. *Obesity*. 2013;21(11):2264–71.
16. Lear SA, Gasevic D. Ethnicity and metabolic syndrome: Implications for assessment, management and prevention. *Nutrients*. 2020;12(1):1–16.
17. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National heart, lung, and blood institute; American heart association; World heart federation; International . *Circulation*. 2009;120(16):1640–5.

450

| Índice | Ecuación | Referencia |
|--|---|-----------------------------------|
| Índices antropométricos de adiposidad basados en el peso | | |
| Índice de masa corporal (IMC) | $IMC = \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura (m)}^2}$ | Gysel (1974) [8] |
| New IMC | $\text{new IMC} = 1.3 * \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura (m)}^2}$ | Van Vugt et al. (2015) [9] |
| CUN-BAE (Clínica Universidad de Navarra – Body Adiposity Estimator) | $CUN-BAE (BF\%): -44.988 + (0.503 * edad (años)) + (10.689 * sexo) + \left(3.172 * IMC \left(\frac{kg}{m^2}\right)\right) - \left(0.026 * IMC^2 \left(\frac{kg}{m^2}\right)\right) + \left(0.181 * IMC \left(\frac{kg}{m^2}\right) * sexo\right) - (0.02 * \left(IMC \left(\frac{kg}{m^2}\right) * edad\right)) - (0.005 * IMC^2 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * sexo) + (0.00021 * IMC^2 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * edad),$ Donde hombre = 0 y mujer = 1. | Gómez-Ambrosi et al. (2012) [10] |
| Índices antropométricos de adiposidad basados en la forma | | |
| Circunferencia de cintura (WC: waist circumference) | $WC = \text{circunferencia de cadera medida según los estándares de WHO (cm)}.$ | WHO (2008) [11] |
| Ratio cintura-cadera (WHR: waist circumference to hip circumference ratio) | $WHR = \frac{\text{waist circumference (cm)}}{\text{hip circumference (cm)}}$ | WHO (2008) [11] |
| Ratio cintura-altura (WHtR: waist circumference to height ratio) | $WHtR = \frac{\text{waist circumference (cm)}}{\text{altura (cm)}}$ | Ashwell (1995) [12] |
| Body Adiposity Index (BAI) | $BAI (BF\%) = \frac{\text{hip circumference (cm)}}{\text{altura (m)}^{1.5}} - 18$ | Bergman et al. (2011) [13] |
| Body Shape Index (ABSI) | $ABSI = \frac{\text{waist circumference (cm)}}{IMC \left(\frac{kg}{m^2}\right)^{0.66} * \text{altura (m)}^{0.5}}$ | Krakauer and Krakauer (2012) [14] |
| Body Roundness Index (BRI) | $BRI = 364.2 - 365.5 * \sqrt{1 - \left(\frac{\left(\frac{WC(m)}{2\pi}\right)^2}{(0.5 * \text{altura(m)})^2}\right)}$ | Thomas et al. (2013) [15] |

Tabla 1. Índices antropométricos de adiposidad, ecuación, referencia.

451
452

| | HTA | | DM | |
|------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| <i>Modelo simple</i> | ODDS (IC95%) | AUROC (IC95%) | ODDS (IC95%) | AUROC (IC95%) |
| IMC | 1,056 (1,046-1,066) | 0,636 (0,608-0,664) | 1,051 (1,038 - 1,063) | 0,626 (0,587-0,665) |
| newIMC | 1,043 (1,035-1,051) | 0,636 (0,608-0,664) | 1,039 (1,029 - 1,048) | 0,626 (0,587-0,665) |
| CUN_BAE | 1,049 (1,042-1,057) | 0,652 (0,625-0,680) | 1,041 (1,031 - 1,052) | 0,616 (0,575-0,657) |
| circ_cint | 1,036 (1,031-1,040) | 0,686 (0,659-0,713) | 1,036 (1,030 - 1,042) | 0,675 (0,638-0,713) |
| ratio_cc | 2748,471(1078,244-7124,515) | 0,683 (0,655-0,710) | 23114,140 (5758,896 - 95944,960) | 0,723 (0,687-0,759) |
| ratio_ca | 480,583 (230,796 - 1013,894) | 0,684 (0,656 - 0,711) | 423,562 (164,128 - 1105,520) | 0,687 (0,650-0,725) |
| BAI | 1,042 (1,033 - 1,052) | 0,599 (0,570 - 0,629) | 1,036 (1,024 - 1,048) | 0,580 (0,535-0,626) |
| ABSI | 3,284 (2,838 - 3,809) | 0,680 (0,653 - 0,708) | 4,086 (3,321 - 5,048) | 0,694 (0,657-0,731) |
| BRI | 2,444 (2,180 - 2,746) | 0,663 (0,635 - 0,691) | 2,353 (2,033 - 2,728) | 0,679 (0,640-0,718) |
| <i>Modelo Ajustado</i> | ODDS (IC95%) | AUROC (IC95%) | ODDS (IC95%) | AUROC (IC95%) |
| IMC | 1,073 (1,061-1,085) | 0,820 (0,799-0,840) | 1,082 (1,067 - 1,0989) | 0,792 (0,765 - 0,820) |
| newIMC | 1,056 (1,046-1,065) | 0,820 (0,799-0,840) | 1,063 (1,051 - 1,074) | 0,792 (0,765 - 0,820) |
| CUN_BAE | 1,076 (1,064-1,089) | 0,823 (0,802-0,843) | 1,097 (1,079 - 1,115) | 0,791 (0,764 - 0,818) |
| circ_cint | 1,034 (1,029-1,039) | 0,822 (0,801-0,843) | 1,045 (1,038 - 1,052) | 0,803 (0,776 - 0,831) |
| ratio_cc | 688,675 (197,318-2439,376) | 0,813 (0,792-0,835) | 24537,580 (3834,072 - 163335,900) | 0,815 (0,788 - 0,843) |
| ratio_ca | 251,759 (107,110 - 599,572) | 0,684 (0,799 - 0,841) | 1333,636 (410,460 - 4412,881) | 0,805 (0,778 - 0,833) |
| BAI | 1,062 (1,049 - 1,074) | 0,599 (0,785 - 0,829) | 1,067 (1,051 - 1,083) | 0,778 (0,749 - 0,807) |
| ABSI | 1,380 (1,150 - 1,658) | 0,680 (0,769 - 0,815) | 2,149 (1,669 - 2,776) | 0,777 (0,747 - 0,807) |
| BRI | 2,358 (2,044 - 2,725) | 0,663 (0,793 - 0,836) | 2,876 (2,375 - 3,490) | 0,802 (0,775 - 0,829) |
| | DLP | | MetS | |
| <i>Modelo simple</i> | ODDS (IC95%) | AUROC (IC95%) | ODDS (IC95%) | AUROC (IC95%) |
| IMC | 1,024 (1,015 - 1,034) | 0,579 (0,550 - 0,609) | 1,081(1,066 - 1,097) | 0,741 (0,706 - 0,775) |
| newIMC | 1,019 (1,011 - 1,026) | 0,579 (0,550 - 0,609) | 1,062 (1,051 - 1,074) | 0,741 (0,706 - 0,775) |
| CUN_BAE | 1,031 (1,023 - 1,038) | 0,581 (0,552 - 0,611) | 1,070 (1,057 - 1,084) | 0,738 (0,703 - 0,774) |
| circ_cint | 1,021(1,017 - 1,026) | 0,617 (0,588 - 0,646) | 1,051 (1,046 - 1,057) | 0,767 (0,734 - 0,800) |
| ratio_cc | 984,762 (383,794 - 2564,857) | 0,655 (0,625 - 0,684) | 339965,700 (63358,860 - 1923487,000) | 0,682 (0,640 - 0,724) |
| ratio_ca | 45,300(22,468 - 91,938) | 0,621 (0,592 - 0,650) | 5331,031 (1734,156 - 16823,280) | 0,793 (0,763 - 0,822) |
| BAI | 1,019 (1,011 - 1,028) | 0,547 (0,515 - 0,578) | 1,058 (1,044 - 1,071) | 0,715 (0,675 - 0,755) |
| ABSI | 3,497 (3,002 - 4,085) | 0,655 (0,626 - 0,684) | 4,959 (3,908 - 6,330) | 0,672 (0,629 - 0,716) |
| BRI | 1,792 (1,607 - 2,000) | 0,611 (0,582 - 0,641) | 3,344 (2,816 - 3,984) | 0,780 (0,748 - 0,812) |
| <i>Modelo Ajustado</i> | ODDS (IC95%) | AUROC (IC95%) | ODDS (IC95%) | AUROC (IC95%) |
| IMC | 1,032 (1,021 - 1,043) | 0,749 (0,725 - 0,774) | 1,115 (1,097 - 1,135) | 0,812 (0,784 - 0,841) |
| newIMC | 1,025 (1,016 - 1,033) | 0,749 (0,725 - 0,774) | 1,088 (1,074 - 1,102) | 0,812 (0,784 - 0,841) |
| CUN_BAE | 1,040 (1,028 - 1,051) | 0,754 (0,730 - 0,779) | 1,149 (1,126 - 1,174) | 0,819 (0,791 - 0,847) |
| circ_cint | 1,019 (1,014 - 1,024) | 0,753 (0,728 - 0,778) | 1,063 (1,054 - 1,072) | 0,828 (0,801 - 0,855) |
| ratio_cc | 123,563 (36,292 - 425,588) | 0,753 (0,728 - 0,779) | 5531890,00 (576296,60 - 57235361,00) | 0,792 (0,762 - 0,822) |
| ratio_ca | 15,721 (6,974 - 35,546) | 0,752 (0,727 - 0,777) | 22493,440 (5708,572 - 92035,900) | 0,825 (0,798 - 0,852) |
| BAI | 1,023 (1,011 - 1,034) | 0,749 (0,724 - 0,775) | 1,088 (1,070 - 1,107) | 0,786 (0,755 - 0,817) |
| ABSI | 1,435 (1,198 - 1,720) | 0,745 (0,719 - 0,770) | 3,011 (2,261 - 4,029) | 0,742 (0,707 - 0,776) |
| BRI | 1,511 (1,322 - 1,728) | 0,752 (0,752 - 0,777) | 4,344 (3,482 - 5,447) | 0,811 (0,783 - 0,839) |

Tabla 2. Odds ratio y área debajo la curva ROC de los índices antropométricos para las variables fenotípicas estudiadas.

Todos los valores de ODDS son estadísticamente significativos (p-valor < 0,05).

ODDS: odds ratio. AUROC: área debajo de la curva ROC. HTA: hipertensión arterial. DM: diabetes mellitus. DLP: dislipemia. MetS: síndrome metabólico.