

# **"Análisis de marcadores antropométricos de sarcopenia utilizando modelos de aprendizaje supervisado"**

Santiago Arceo Díaz, Xóchitl A. R. Trujillo-Trujillo, Elena E. Bricio-Barrios, Jaime A. Bricio-Barrios, Mónica Rios-Silva, Rosa Y. Cárdenas-María, Miguel Huerta-Viera.

**Universidad de Colima, Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas**



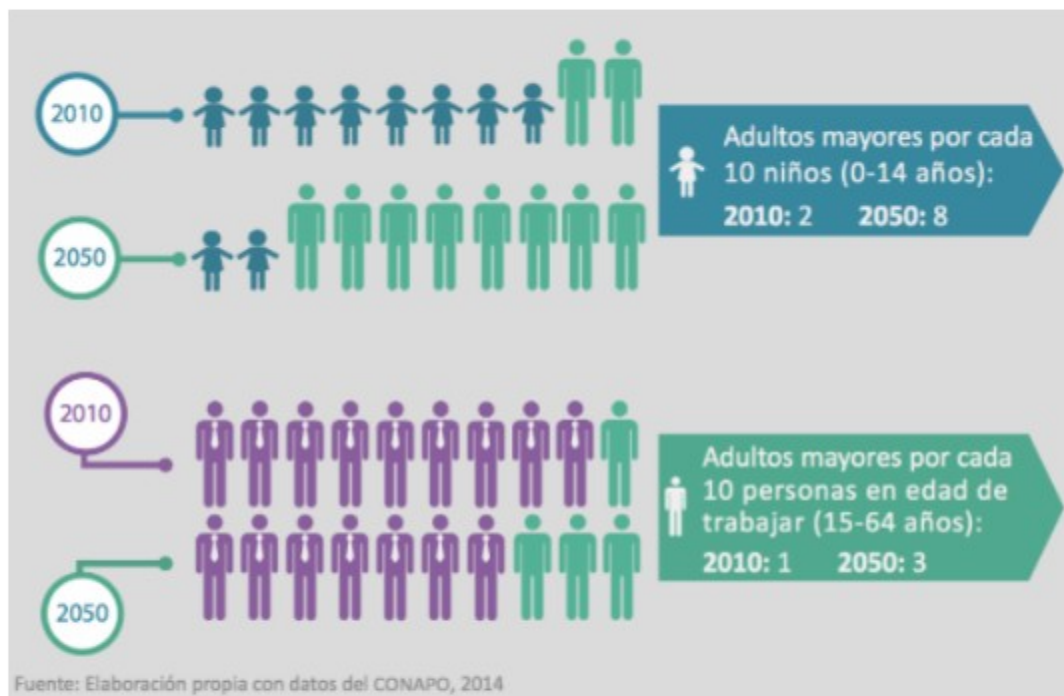
# Expectativas de envejecimiento en México al año 2050

En 2050 la proporción de adultos mayores de 65 años por cada 10 personas en edad de trabajar podría ser 30% (CONAPO, 2014).

La prevalencia de síndromes geriátricos en adultos mayores tendrá consecuencias a nivel nacional.

**Síndrome geriátrico:** cuadro originado por un conjunto de enfermedades de alta prevalencia en los ancianos.

Generan incapacidades funcionales y/o sociales en las personas mayores (Sociedad Española de Geriatría y Gerontología, SEGG).



La sarcopenia es la pérdida de masa muscular esquelética y de funcionalidad relativa a la Edad; disminuye la independencia funcional, la salud y la calidad de vida (Espinel-Bermúdez, 2012).

En 2016 se integró a la Clasificación Internacional de Enfermedades.



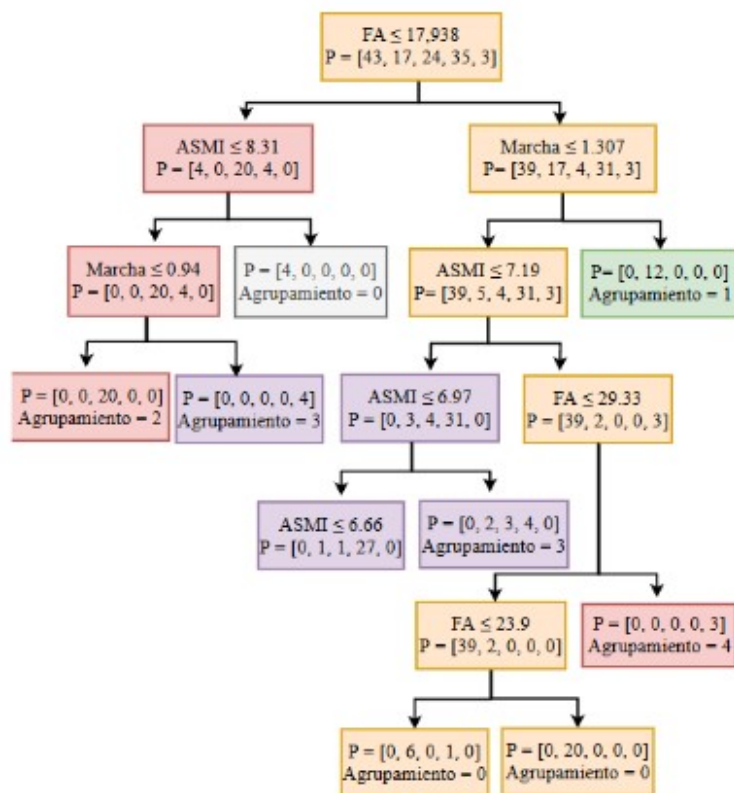
Fuente: [www.Fisiologíadelejercicio.com](http://www.Fisiologíadelejercicio.com)  
(recuperado: 26 de abril de 2024)

Estadios conceptuales de la sarcopenia			
Estadio	Masa muscular	Fuerza muscular	Rendimiento físico
Presarcopenia	↓		
Sarcopenia	↓	↓	↓
Sarcopenia grave	↓	↓	↓

Fuente: Universidad de Chile (2010)

# Objetivo

- Crear modelos que permitan estimar un diagnóstico de sarcopenia a partir de parámetros antropométricos en adultos mayores mexicanos.
- Implementar estos modelos en una aplicación que le facilite el diagnóstico primario al personal médico que atiende a adultos mayores

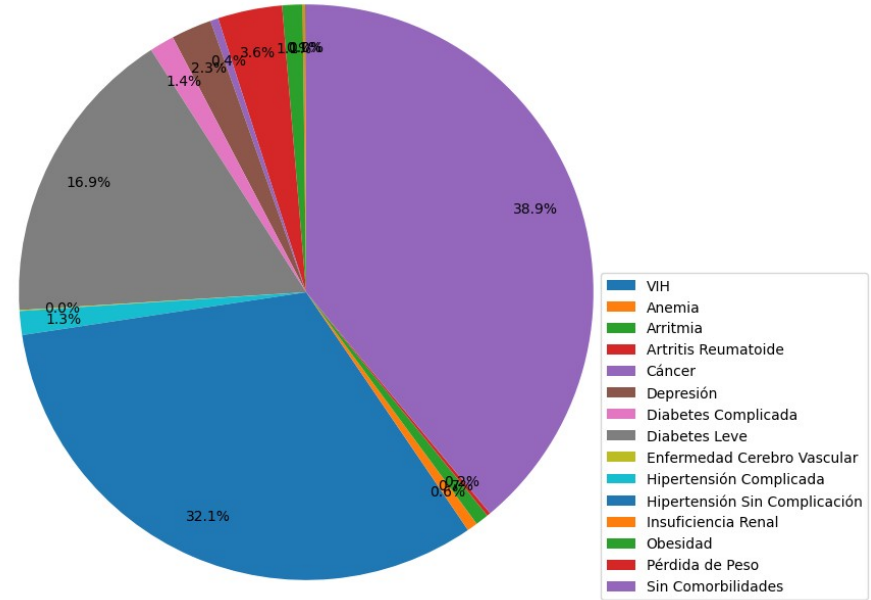
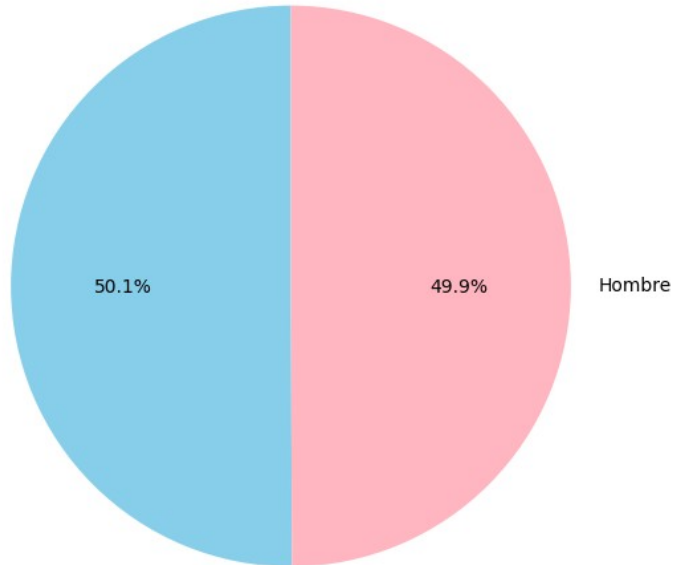


**Base de datos**

## Detalles de la muestra de 2019 (IMSS, Ciudad de México, Clínicas Norte y Sur).

- La muestra de 2019 contiene los datos de 1679 participantes.
- Las proporciones de hombres y mujeres en la base de datos son casi iguales.

Proporción de Hombres vs Mujeres

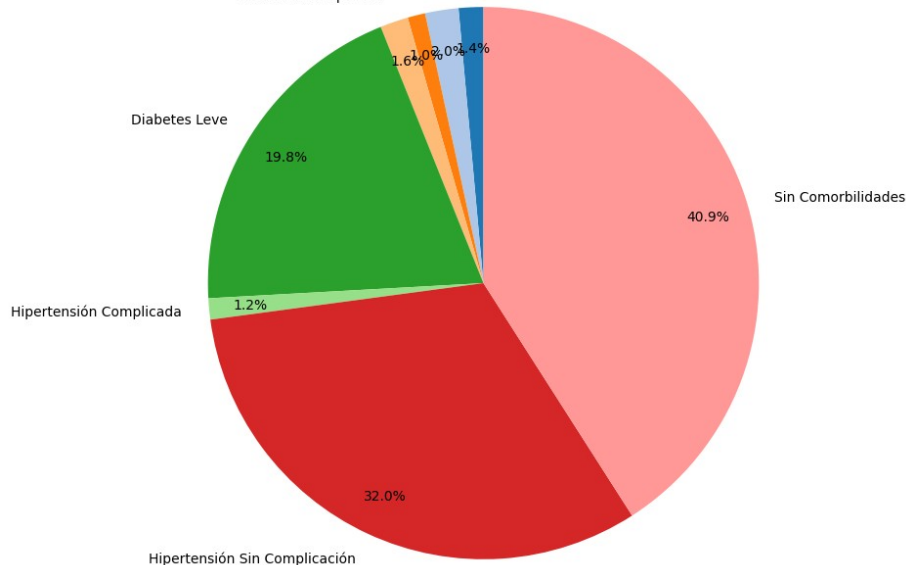


### Porcentajes de comorbilidades y enfermedades:

- **38.9% no tenía ninguna.**
- 32.1% tiene Hipertensión sin complicación.
- 16.9% tiene Diabetes leve.
- 3.6% tiene Artritis reumatoide.
- 2.3 % tiene Depresión.
- 1.4% tiene Diabetes complicada
- 1.3 % tiene Hipertensión complicada

## Hombres

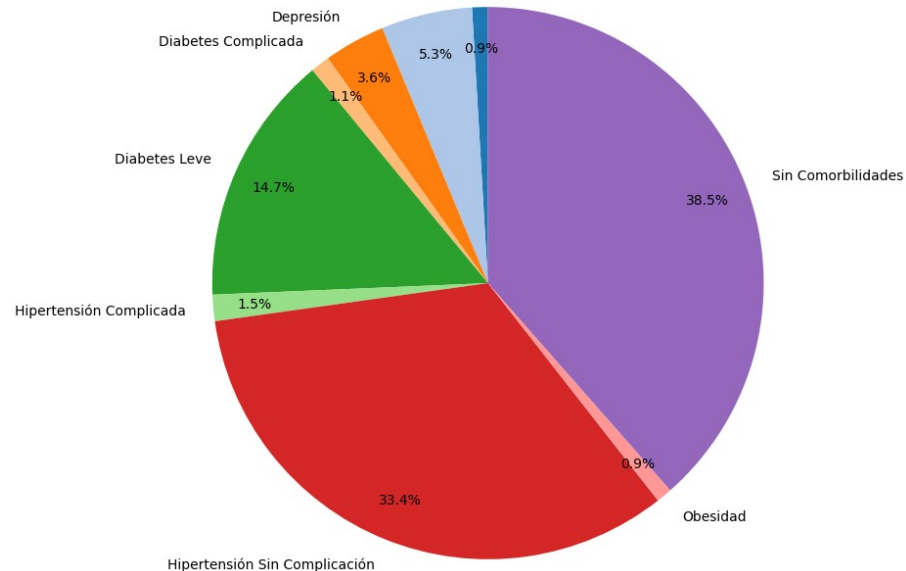
Comorbilidades en la Muestra de Hombres 2019



Total de pacientes: 827

## Mujeres

Comorbilidades en la Muestra de Mujeres 2019

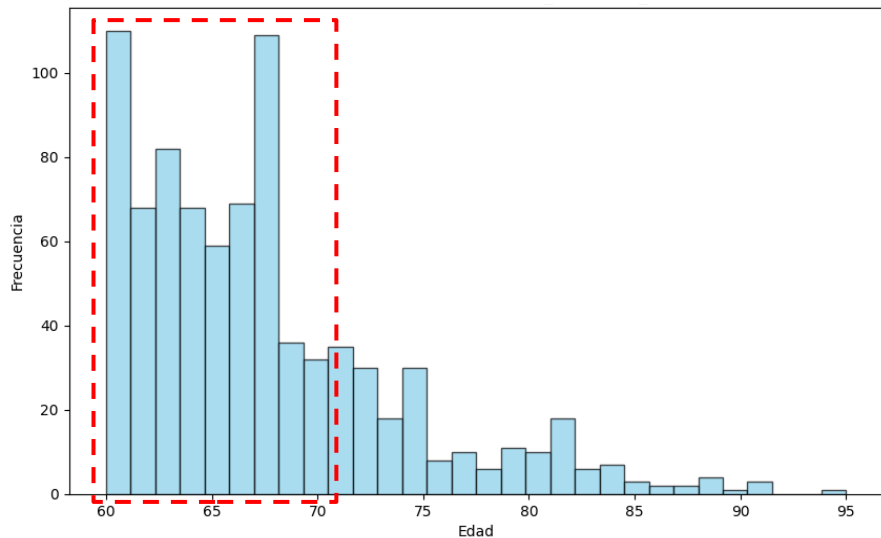


Total de pacientes: 822

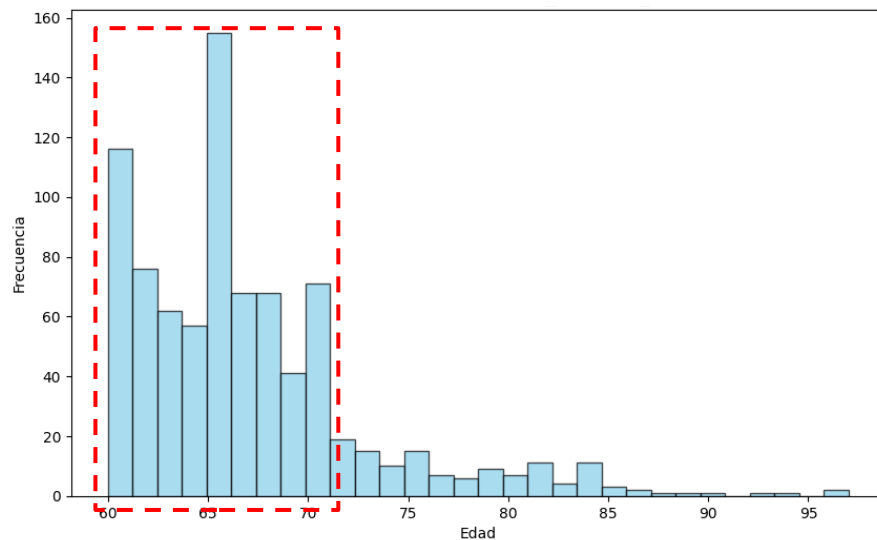
La diabetes y la hipertensión son las comorbilidades principales, pero en el caso de las mujeres la incidencia de artritis, depresión, obesidad e hipertensión severa son más comunes.

# Distribución de edad en las muestras de hombres y Mujeres

## Hombres



## Mujeres



La mayoría de los participantes, de ambos sexos, está dentro del rango de 60 a 70 años de edad.



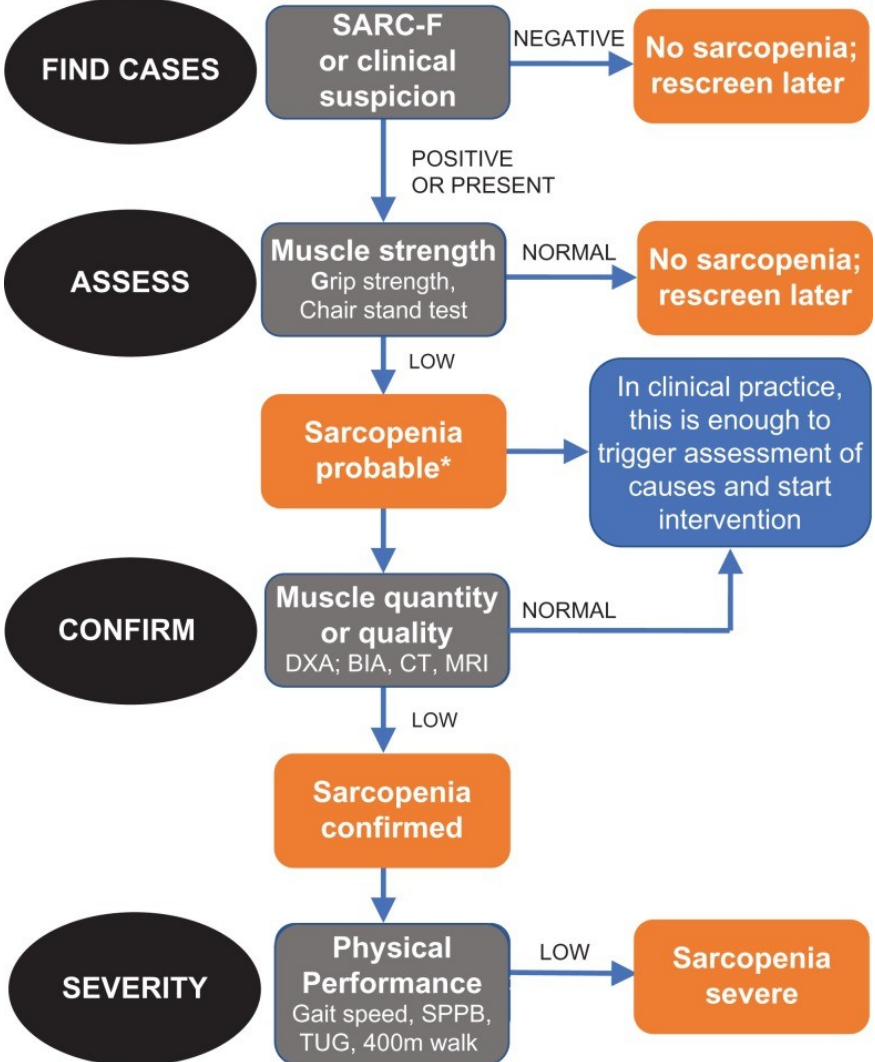
# **Determinación de sarcopenia usando Machine-Learning**

# Consenso de EWGSOP2 para el diagnóstico de sarcopenia:

- a) Encontrar casos (pacientes a los que se les aplica el cuestionario **SARCF** y obtienen un puntaje **indicativo de sarcopenia**).
- b) Se realiza una prueba de **medición de fuerza física** (fuerza de agarre). Si la medición está por debajo de los puntos de corte, se considera un **diagnóstico probable de sarcopenia**.
- c) Se realiza una prueba de **medición de masa muscular** (DXA). Si indica **valores bajos de masa muscular**, se **confirma la sarcopenia**.
- d) Se evalúa la **severidad** mediante una prueba de desempeño físico (por ejemplo, la prueba de velocidad de marcha). Si es **inferior valor límite**, se **considera que la sarcopenia es grave**.

Los puntos de corte usuales son:

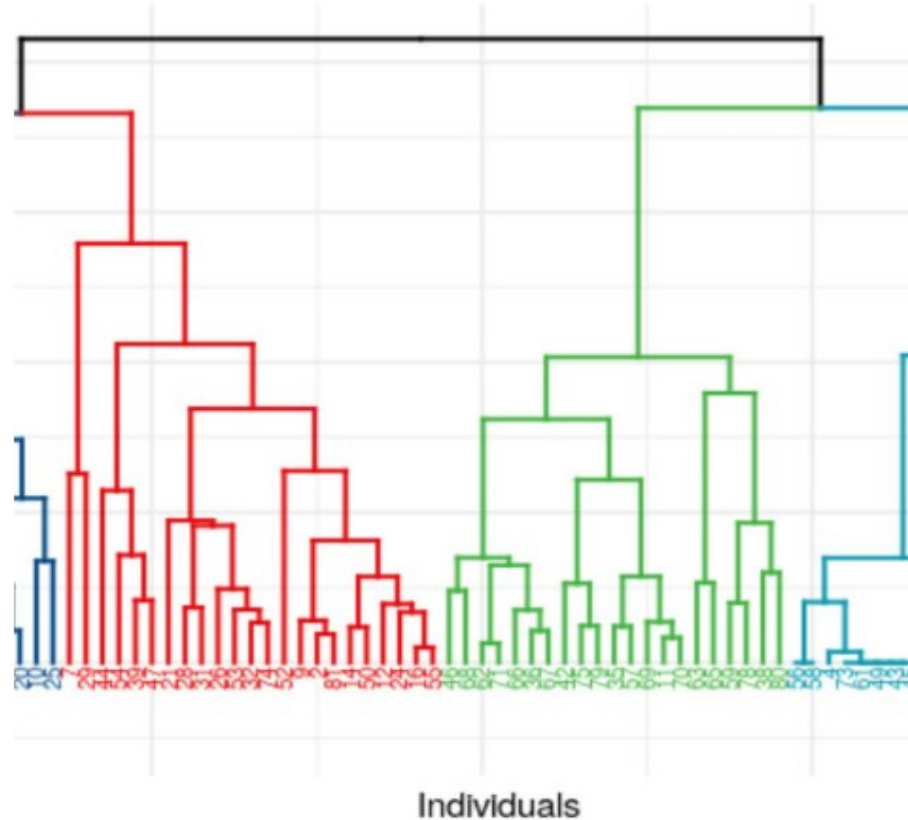
- **Fuerza de agarre** inferior a 27 kg (hombres) o inferior a 15 kg (mujeres).
- **Índice de masa muscular esquelética apendicular** inferior a 7 kg/m<sup>2</sup> (hombres) o inferior a 5.5 kg/m<sup>2</sup> (mujeres).
- **Velocidad de marcha** inferior a 0.8 m/s (ambos sexos).

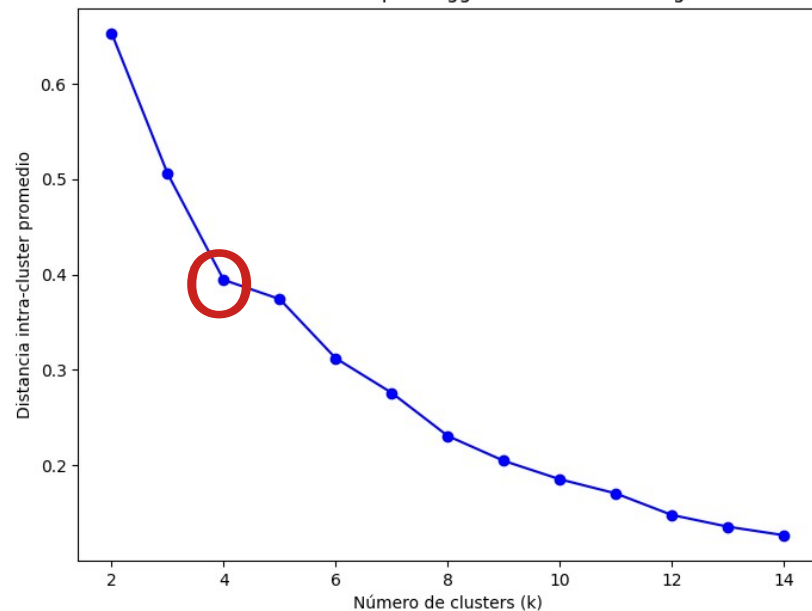


# Clustering gerárquico

El clustering jerárquico es un método de análisis de datos utilizado en minería de datos para agrupar un conjunto de objetos en una jerarquía. Este método se basa en la distancia entre los datos, buscando que los elementos dentro de un mismo grupo (o clúster) sean lo más similares posible entre sí, mientras que los grupos sean lo más diferentes entre ellos.

**Agglomerativo:** Comienza con cada objeto como un clúster individual y, en cada paso, fusiona los dos clústers más cercanos hasta que todos los objetos están en un solo clúster.



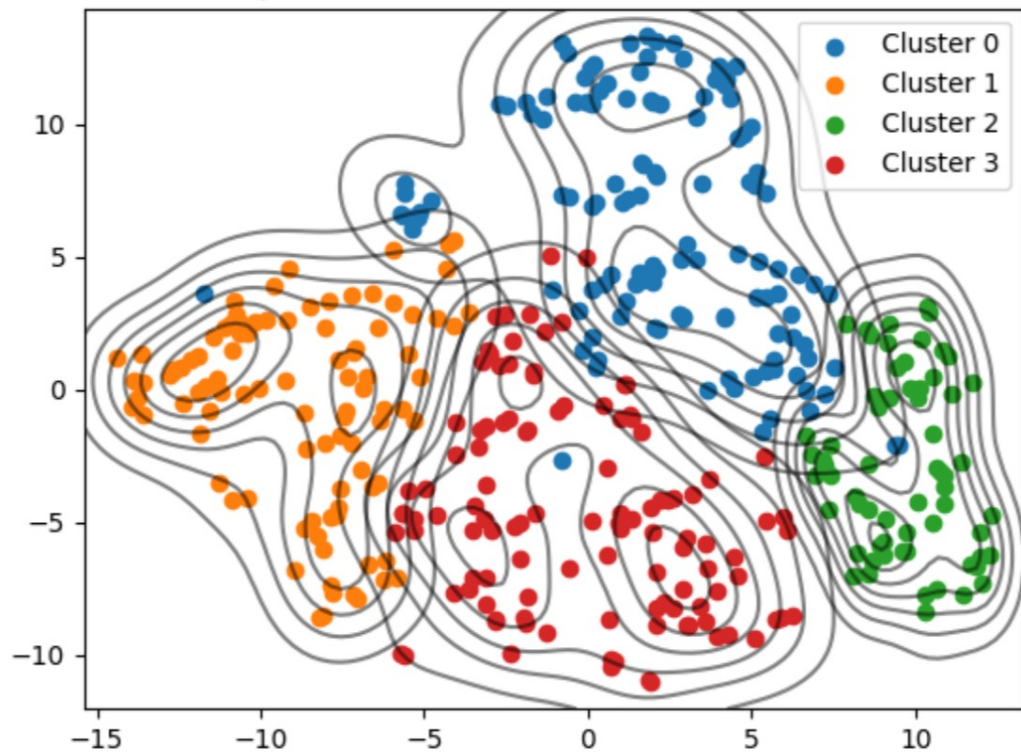


El número adecuado de clusters es en puntos donde la pendiente de la gráfica se vuelva lo más horizontal posible.

La gráfica sugiere usar 4 clusters.

El gráfico muestra la **dispersión de los pacientes** en cada cluster (las curvas de nivel más cerradas implican mayor similitud)

Gráfico de Dispersión de t-SNE con Curvas de Densidad de Kernel



## Fuerza de agarre [kg]

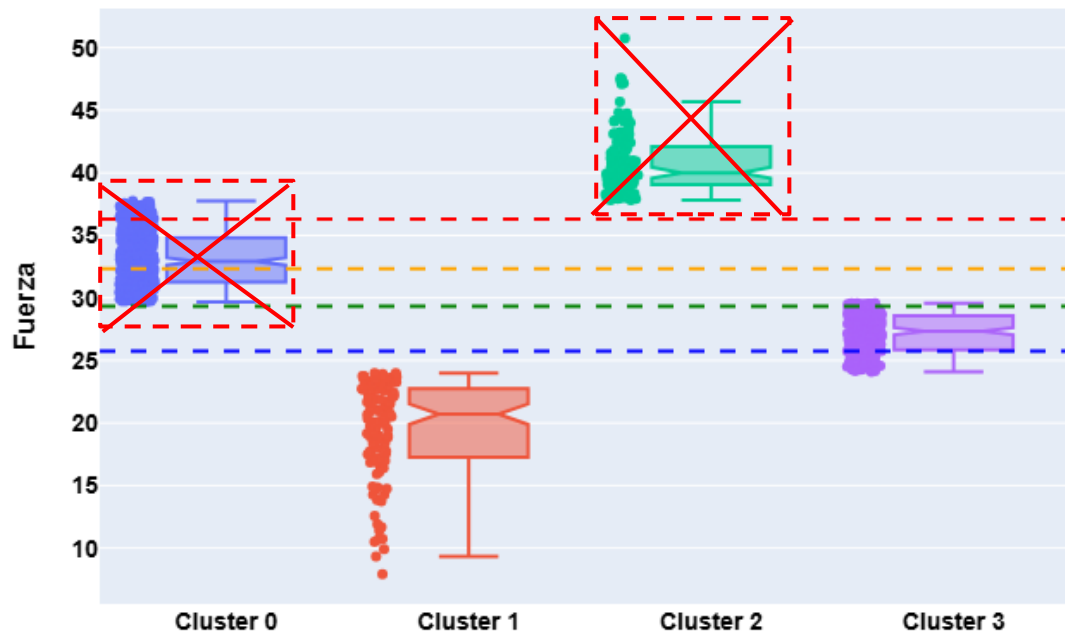
Las líneas punteadas representan los “quintiles” de la muestra de completa de hombres. Los valores de cada quintil son:

- 20% (azul)
- 40% (verde)
- 60% (naranja)
- 80% (rojo)

El cluster 1 contiene pacientes cuya fuerza está por debajo de 20% de los valores de la distribución.

Los clusters 0 y 2 contienen pacientes cuya fuerza está en el último quintil (descartables como probable sarcopenia).

### Comparación de Clusters - Fuerza



# Ecuación Validada para Estimar la Masa Muscular Esquelética Apendicular (IMMEA)

La ecuación fue desarrollada y validada en un estudio con adultos mayores mexicanos, mostrando una alta precisión y exactitud en comparación con métodos de referencia como DEXA

$$IMMEA = 0.215 \times (Pantorrilla) + 0.093 \times (Fuerza) + 0.061 \times (Peso) + 3.637 \times (Sexo) + 0.112 \times (Talla) - 16.449$$

## Variables:

- **Circunferencia de Pantorrilla:** Medida en centímetros.
- **Fuerza de Prensión de la Mano:** Medida en kilogramos.
- **Peso:** Peso corporal en kilogramos.
- **Sexo:** Se codifica como 1 para hombres y 0 para mujeres.
- **Talla:** Altura en centímetros.

## Validación

La exactitud grupal fue de  $\pm 0.1$  kg, y la precisión individual fue de  $\pm 2.5$  kg respecto al método DEXA, lo que indica que es más precisa que otras ecuaciones previamente utilizadas.

## Referencia

"Puntos de corte y validación de una ecuación antropométrica para estimar la masa muscular, en el estudio de La sarcopenia en población mexicana" publicado en **Salud Pública de México**.

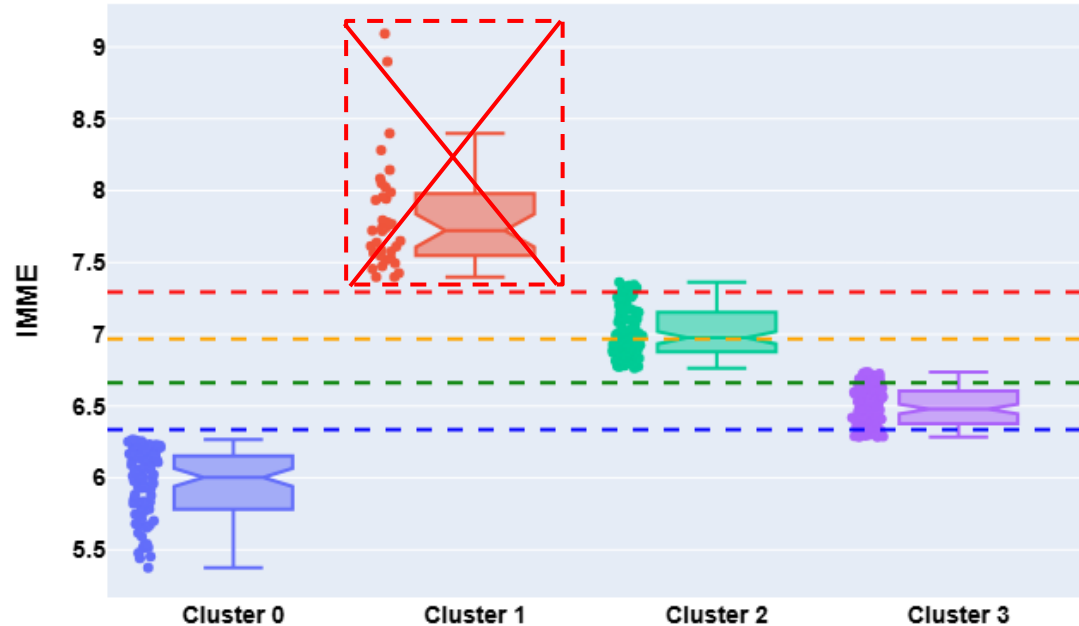
Se calculó el IMME para todos los datos de los clusters de interés.

Se repitió el proceso de clustering jerárquico con los clusters de interés (que se dividieron nuevamente en 4 clusters).

El cluster 1 contiene pacientes con un IMME en el último quintil (se descartan como probables pacientes con sarcopenia).

Los clusters 0 y 3 tienen los valores más bajos de la muestra.

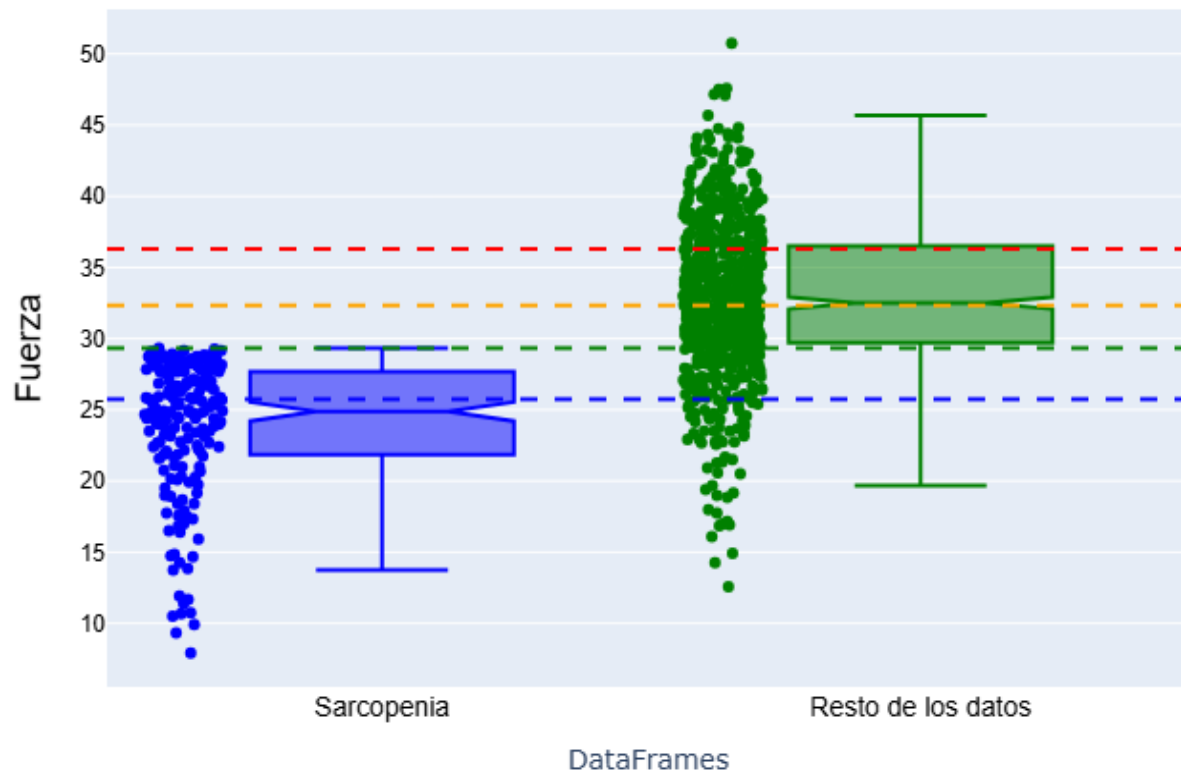
Comparación de Clusters - IMME



## Comparación entre cluster de "Sarcopenia" y el resto - Fuerza

El cluster con "Sarcopenia" tiene valores mucho más bajos en la fuerza de agarre:

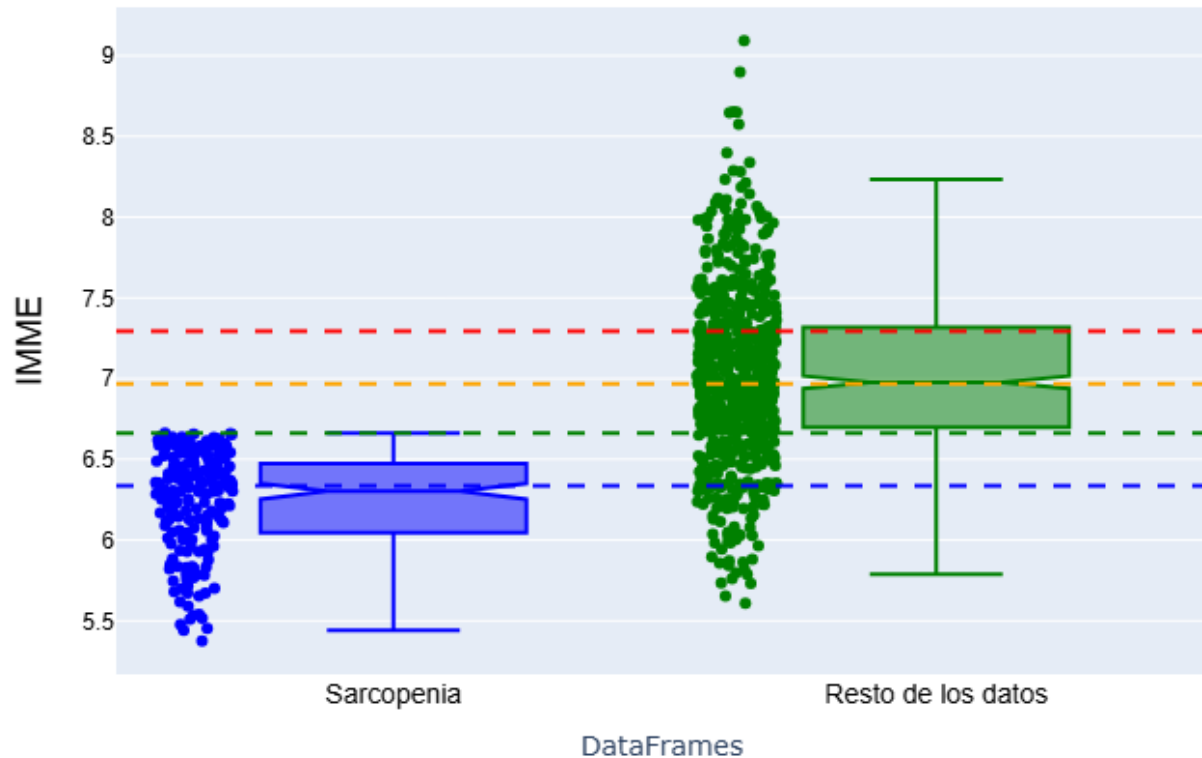
todos sus integrantes tienen mediciones por debajo de los 30 kg de fuerza.





## Comparación entre cluster de "Sarcopenia" y el resto - IMME

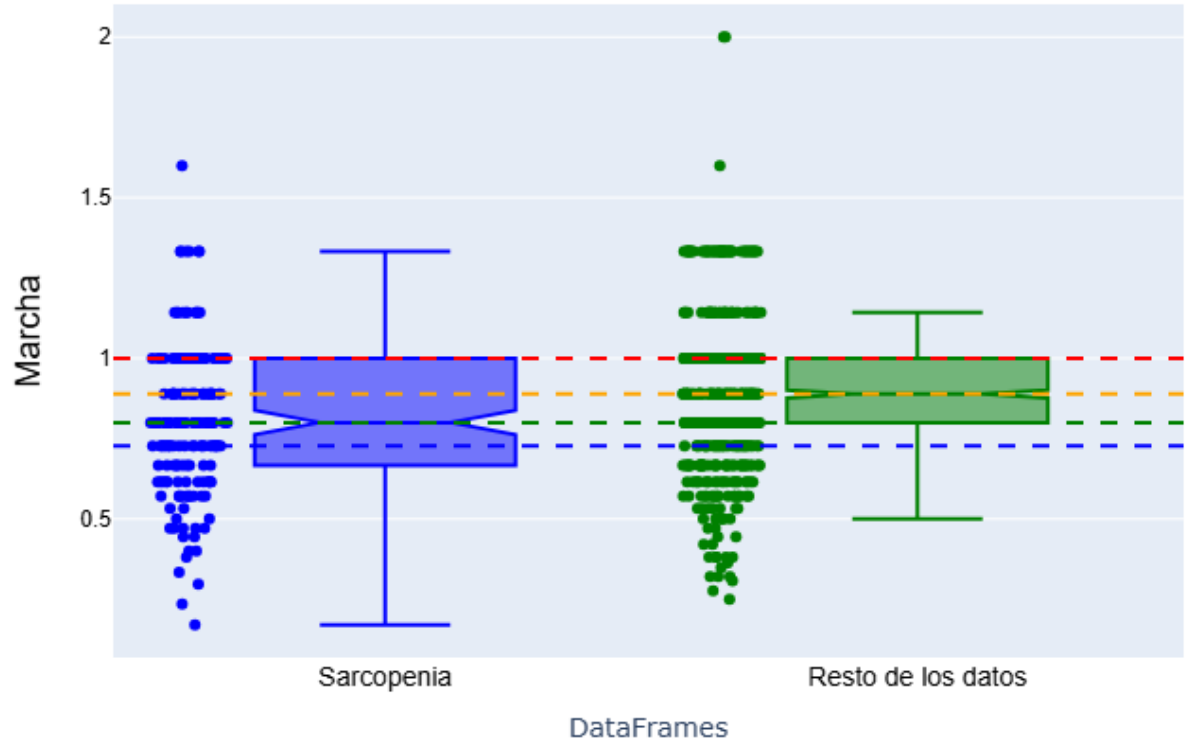
El cluster con **"Sarcopenia"** tiene valores mucho más bajos en el IMME (menores a 6.75 kg/m<sup>2</sup>).



## Comparación entre cluster de "Sarcopenia" y el resto - Marcha

Sin embargo, **no hay una diferencia estadísticamente significativa en el desempeño físico** (registrado a través de la medición de la velocidad de marcha).

Esto corresponde a casos clasificables como no severos



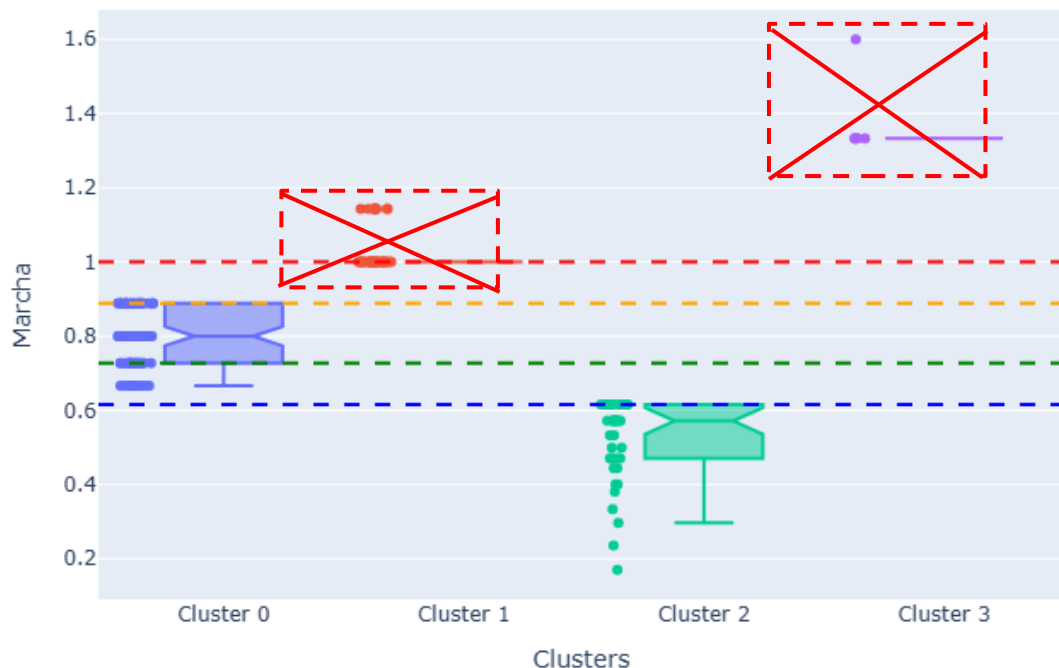
Se repitió el proceso de clustering, agrupando a los pacientes de acuerdo con su **velocidad de marcha**.

Se crearon **4 clusters**, de los cuales **3 tienen valores que están por arriba del quintil del 40%** (que corresponde a 0.8 m/s).

**Los clusters 1 y 3 están en el último quintil (se descartan como pacientes con sarcopenia grave).**

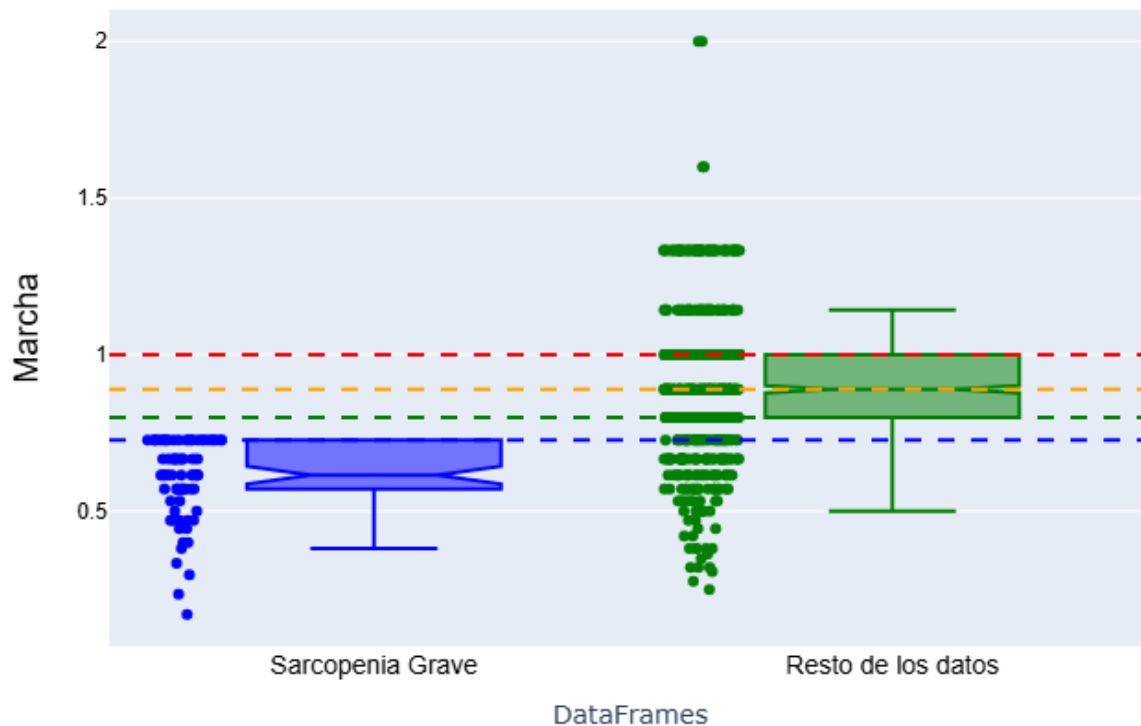
El cluster 3 tiene los valores más bajos.

Comparación de Clusters - Marcha



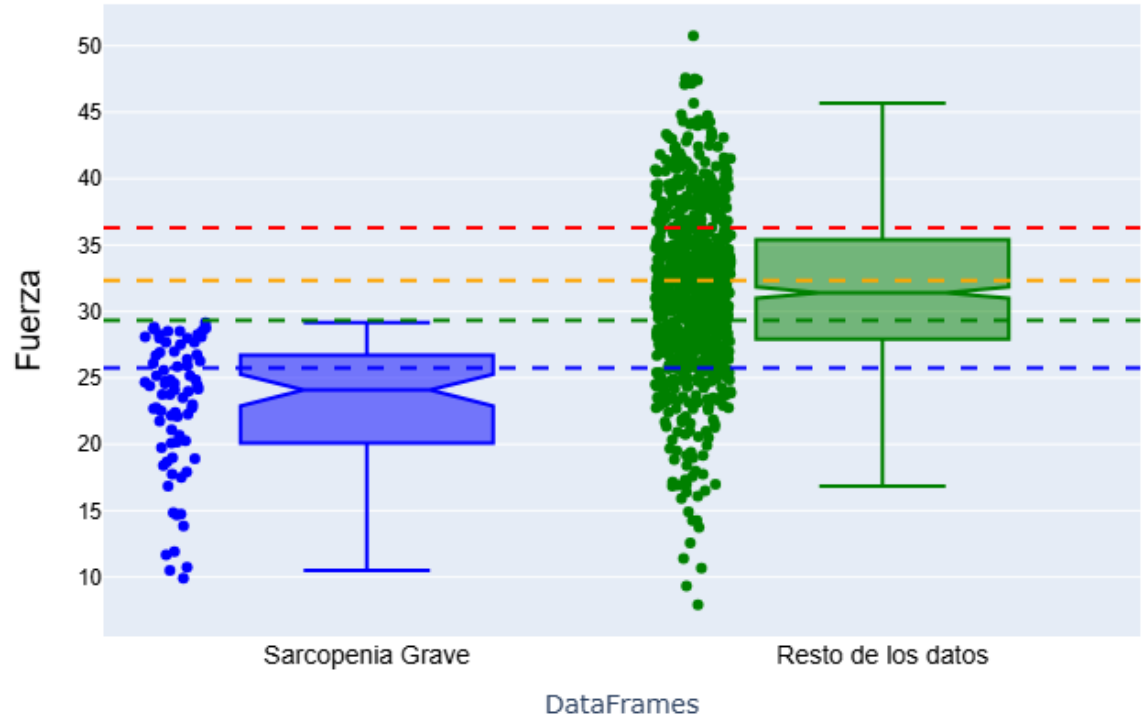
Si comparamos los rangos de los parámetros de desempeño físico y antropometría de los pacientes clasificados como **“sarcopenia grave”** y el resto, veremos que los primeros están representados por rangos más estrechos y valores relativamente más bajos en Marcha

Comparación entre cluster de "Sarcopenia Grave" y el resto - Marcha



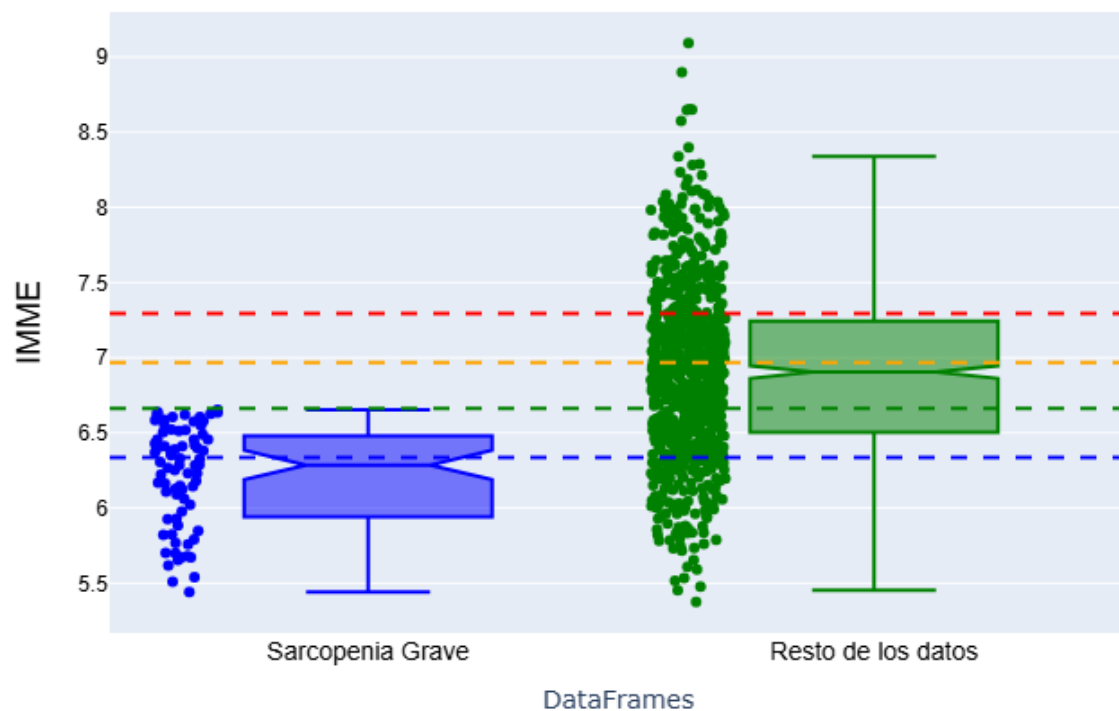
## Comparación entre cluster de "Sarcopenia Grave" y el resto - Fuerza

Algo similar puede observarse en la fuerza de agarre, donde el grupo con "sarcopenia grave" tiene un más estrecho y valores que solo se comparan con el primer quintil del resto de los datos.



## Comparación entre cluster de "Sarcopenia Grave" y el resto - IMME

y de igual manera, con el Índice de masa muscular esquelética apendicular.

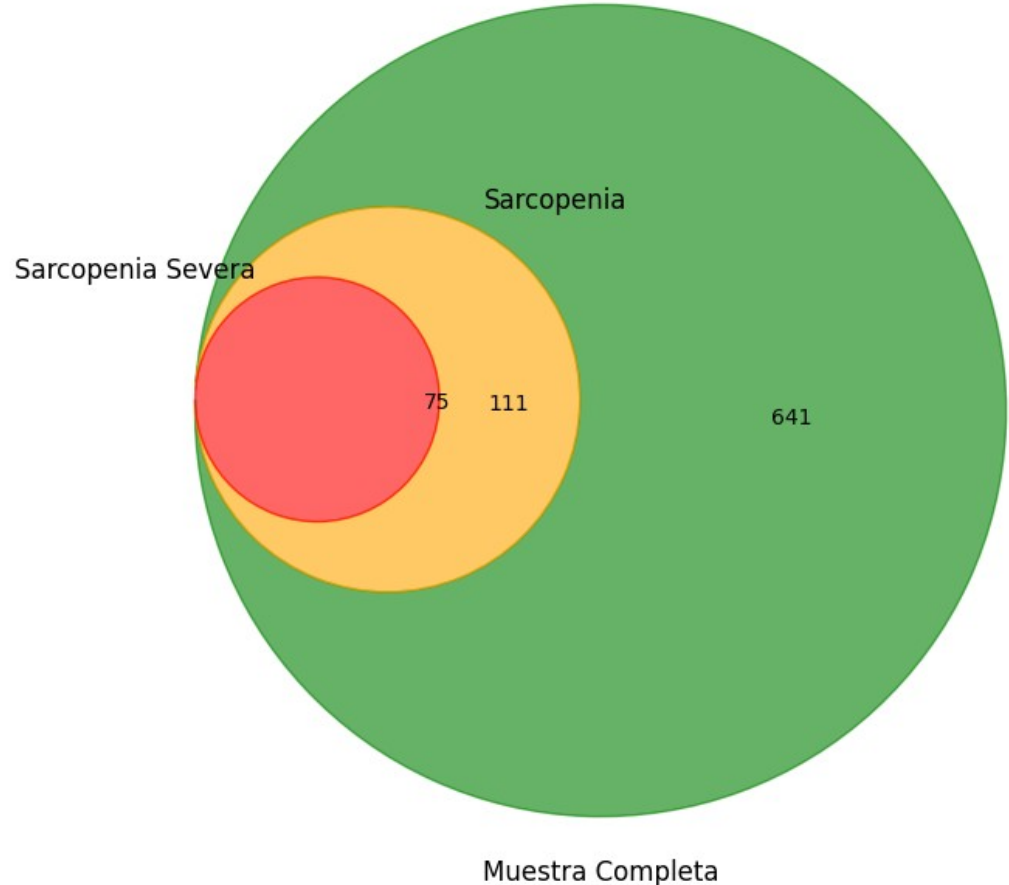


Proporción de pacientes: Sarcopenia Severa y Sarcopenia (Muestra: "Hombres", IMMS-2019)

En cuanto a las proporciones, respecto a la muestra completa para hombres, los pacientes con sarcopenia representan el de la muestra y están distribuidos de la siguiente manera:

22% (sarcopenia no grave)

9% (sarcopenia grave)



## Clustering simultáneo

Se seleccionaron **simultáneamente** las 3 variables en el consenso del EWGSOP2:

**Fuerza + IMME + Marcha**

La gráfica de la derecha muestra la distancia intra cluster, utilizando el método del codo. En este caso el método del codo sugiere un número muy alto de clusters (8 clusters).

Seleccionamos 5 clusters (ya que en ese número también se observa un ligero cambio de pendiente).

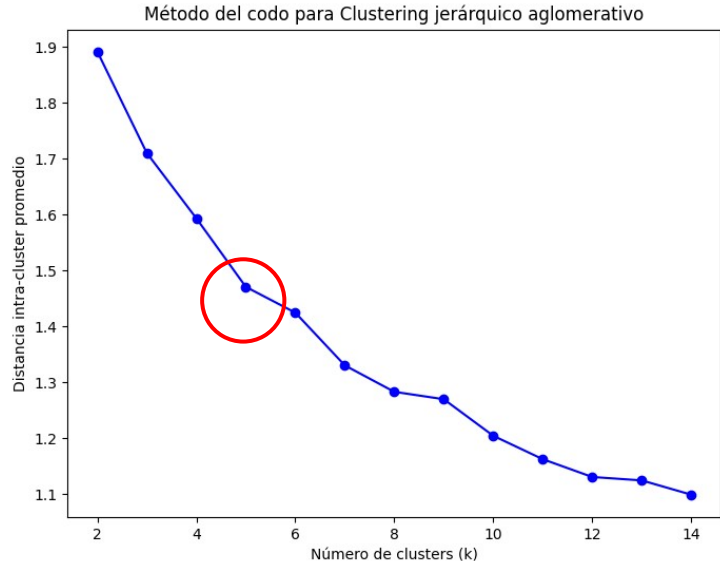
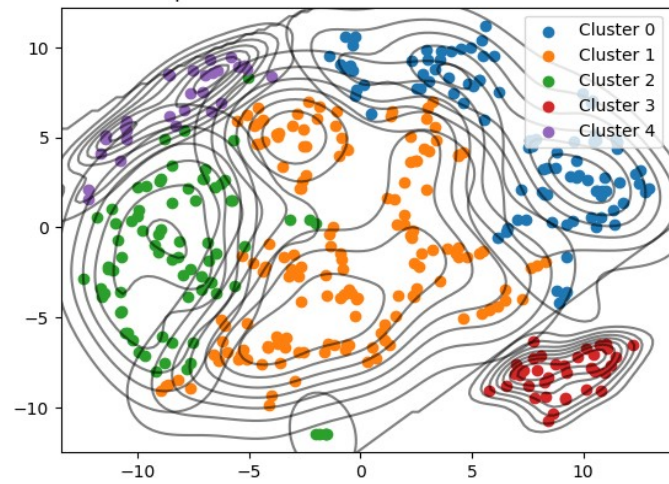


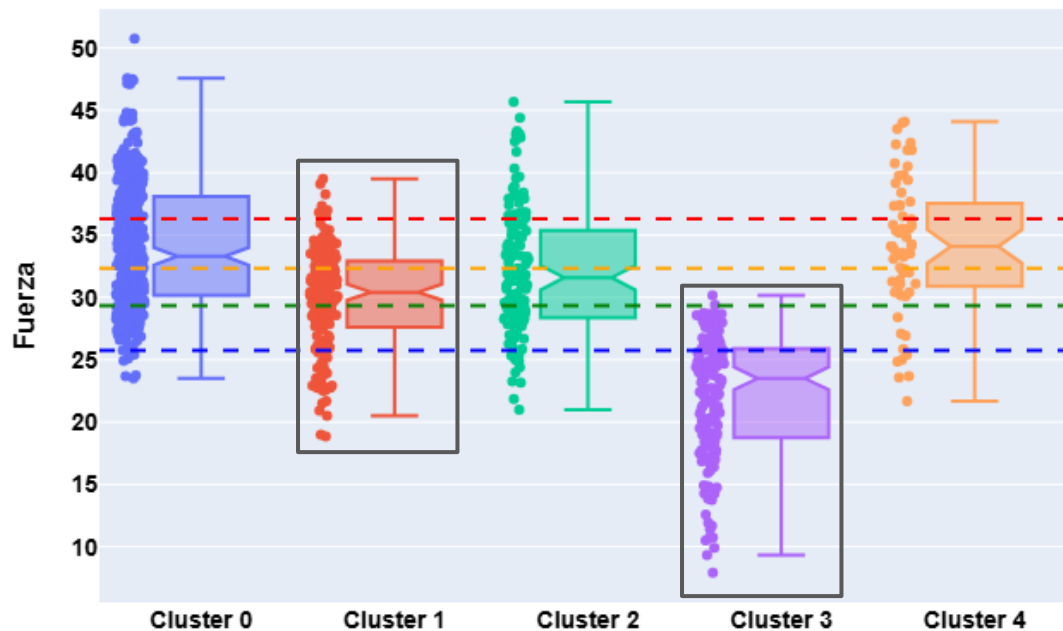
Gráfico de Dispersión de t-SNE con Curvas de Densidad de Kernel





### Comparación de Clusters - Fuerza

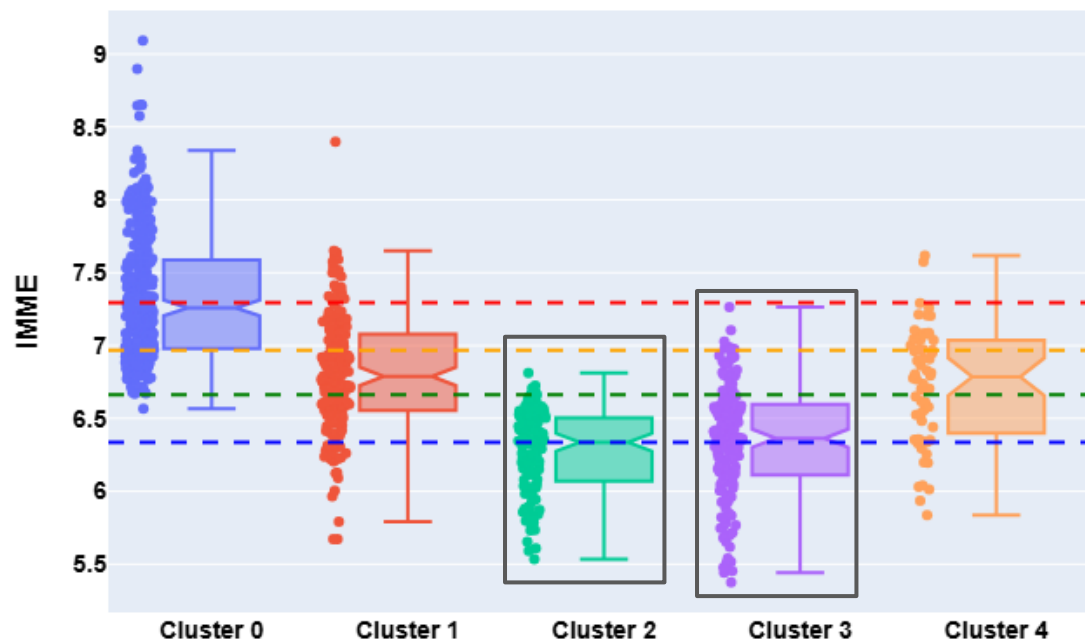
Los clusters 1 y 3 contienen a los pacientes con los valores más bajos para la fuerza de agarre (el 75% del Cluster 3 están por debajo del quintil 1).



### Comparación de Clusters - IMME

En cuanto al índice de masa muscular esquelética, el cluster 2 contiene los pacientes con los valores más bajos (el 50% de los datos tiene un IMME por debajo del quintil 1, es decir, menor a  $6.3 \text{ kg/m}^2$ ).

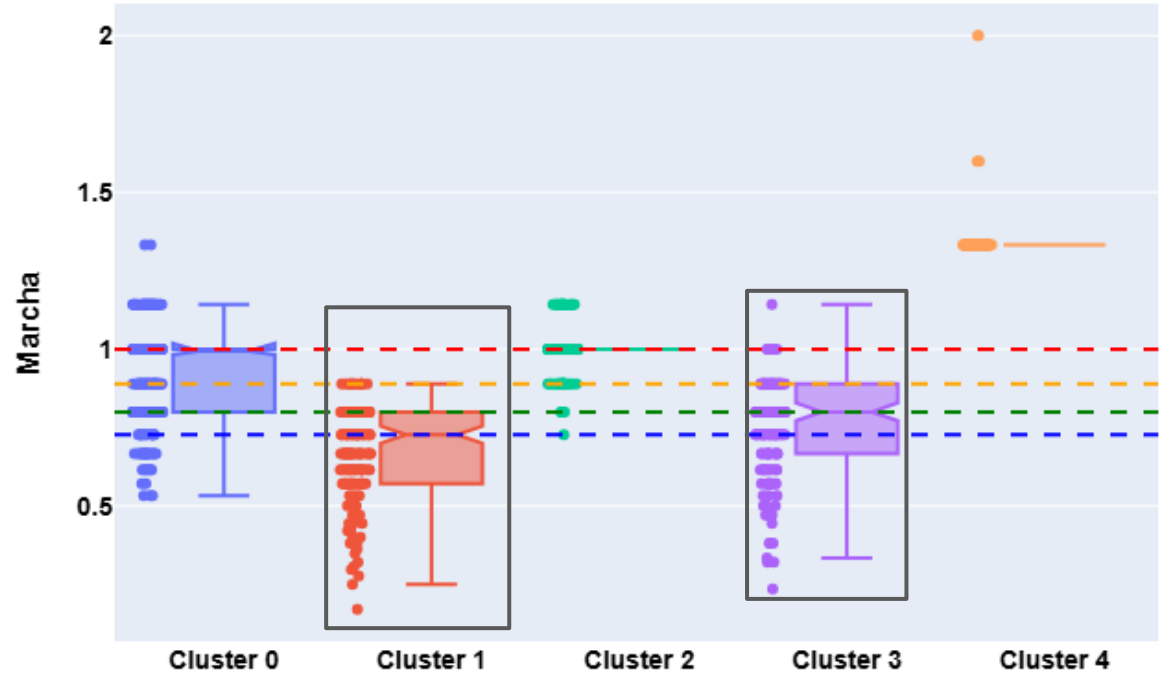
Algo similar pasa con el Cluster 3. Sin embargo, el resto de los pacientes llegan hasta el quintil 3 ( $7 \text{ kg/m}^2$ )



## Comparación de Clusters - Marcha

Los clusters 1 y 3 contienen a los pacientes con las velocidades de marcha más bajas.

Ahora veremos cuantos de los pacientes en los Clusters 1 y 3 coinciden con los que se clasificaron como pacientes con sarcopenia, de acuerdo al proceso previo.



Los diagramas de Venn representan la coincidencia en los folios entre los pacientes con sarcopenia y los que están clasificados dentro de cada cluster.

El cluster 3 comparte la mayor intersección, seguido por los clusters 1 y 4

Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 0

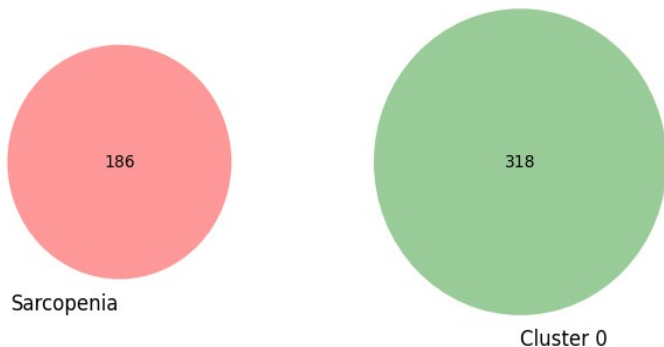


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 1

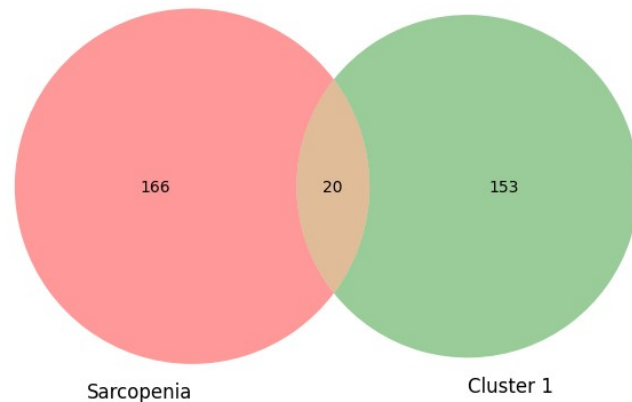


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 2

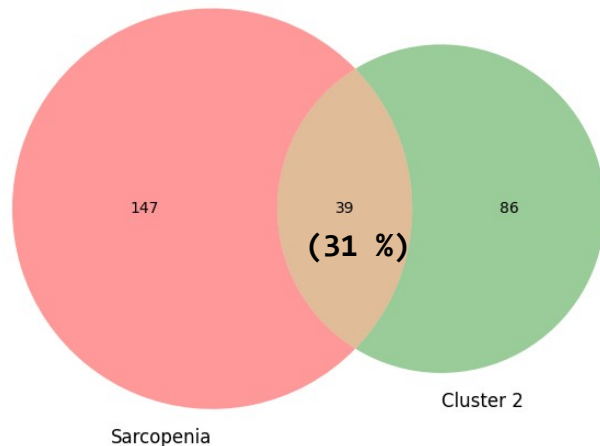


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 3

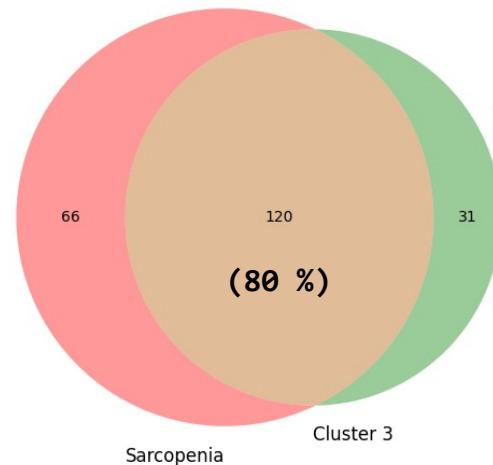


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 4



Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 0

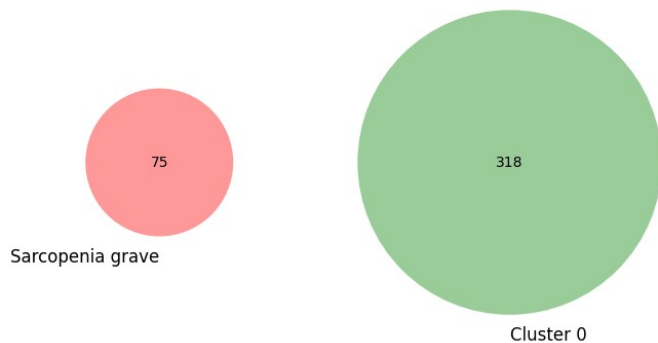
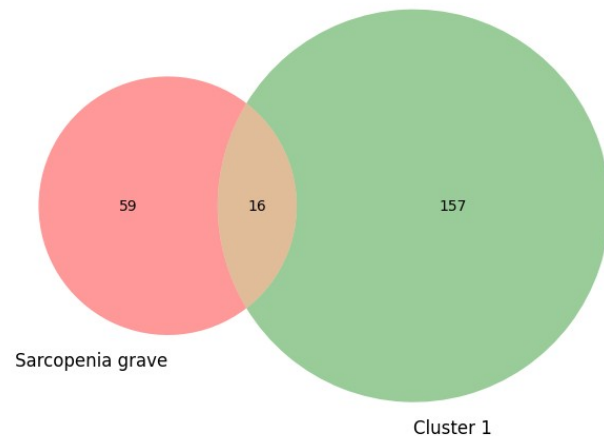
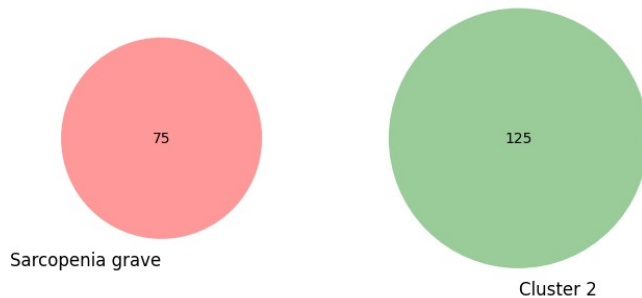


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 1



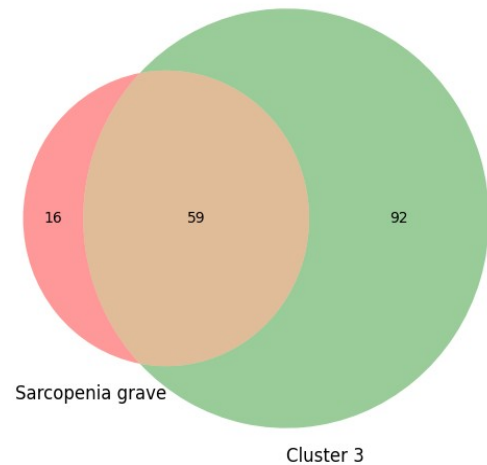
Se repitió la comparación pero para los pacientes con “**sarcopenia grave**” y los que están clasificados dentro de cada cluster.

Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 2

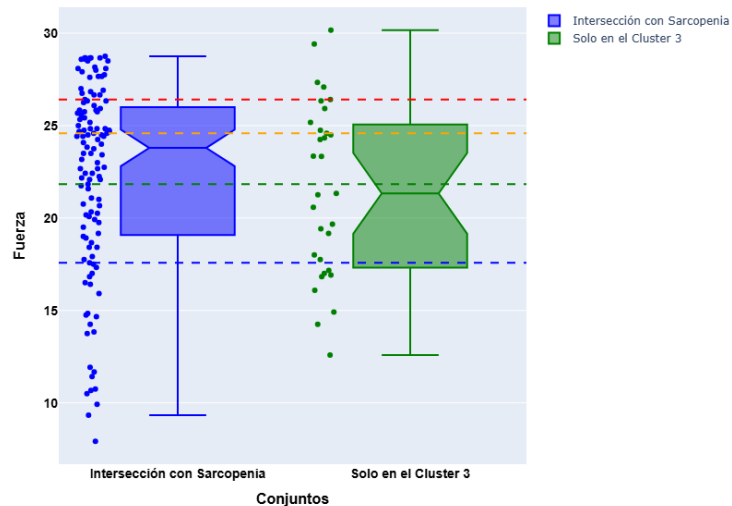


El cluster 2 tiene la mayor coincidencia, contiene todos, excepto 6 que están en el cluster 4

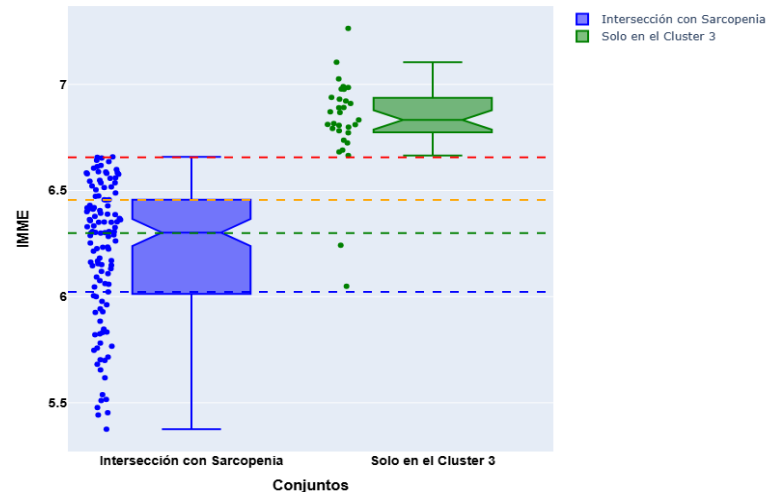
Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 3



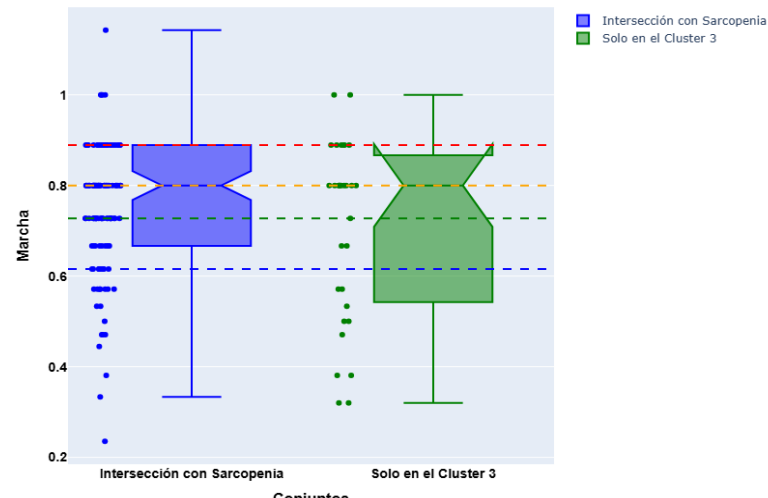
Comparación de Gráfico de Caja - Fuerza



Comparación de Gráfico de Caja - IMME



Comparación de Gráfico de Caja - Marcha

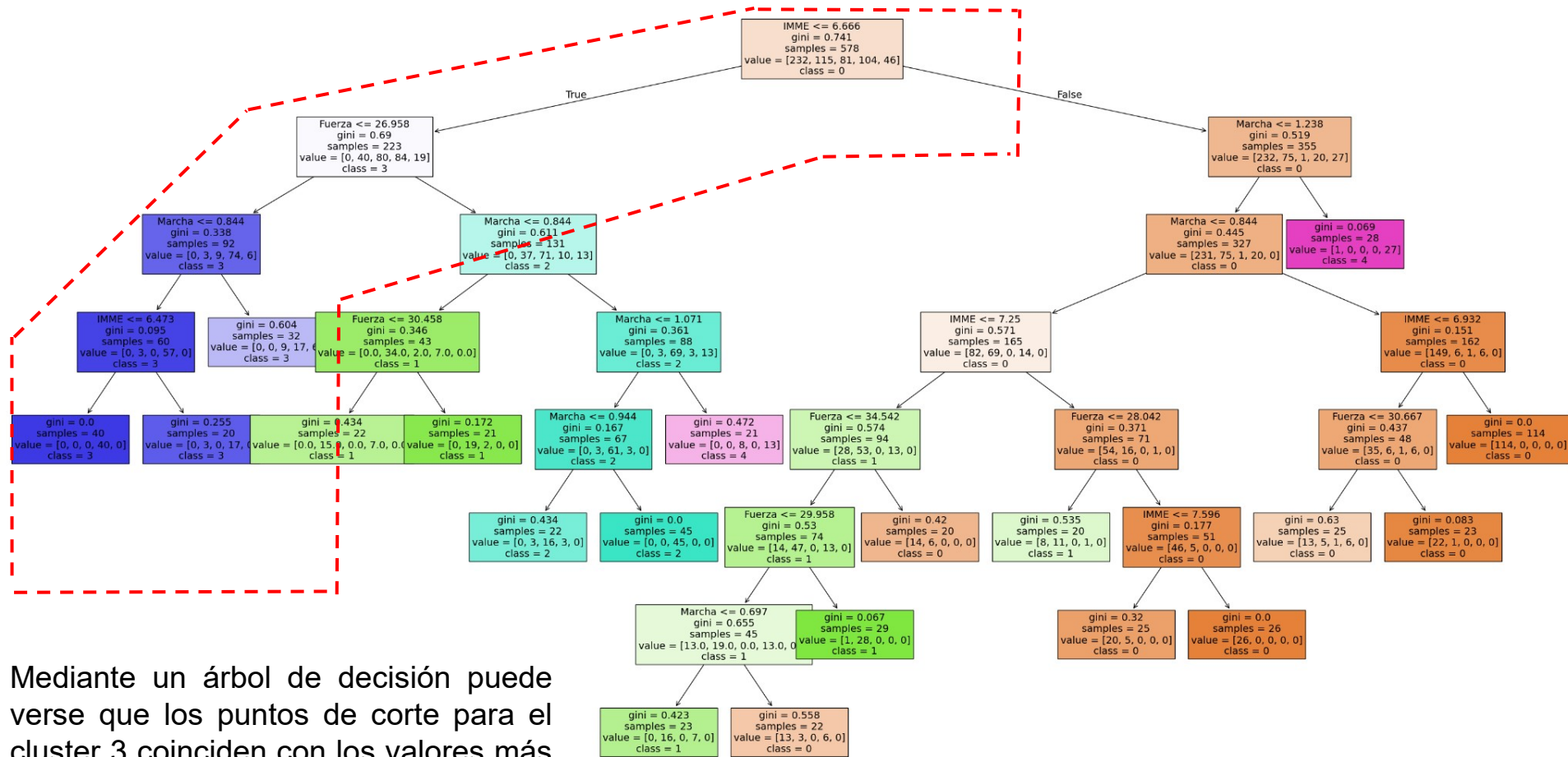


**Comparación de los pacientes en el cluster 3, cuyos folios están también en el grupo “sarcopenia”, VS los que no están incluidos.**

Las líneas corresponden a los quintiles de la muestra completa

La principal diferencia está en el Índice de masa muscular (pacientes con IMME alto pero valores bajos de fuerza y velocidad de marcha).

Árbol de Decisión: Sistema Fuerza + IMME + Marcha



Mediante un árbol de decisión puede verse que los puntos de corte para el cluster 3 coinciden con los valores más bajos para cada parámetro

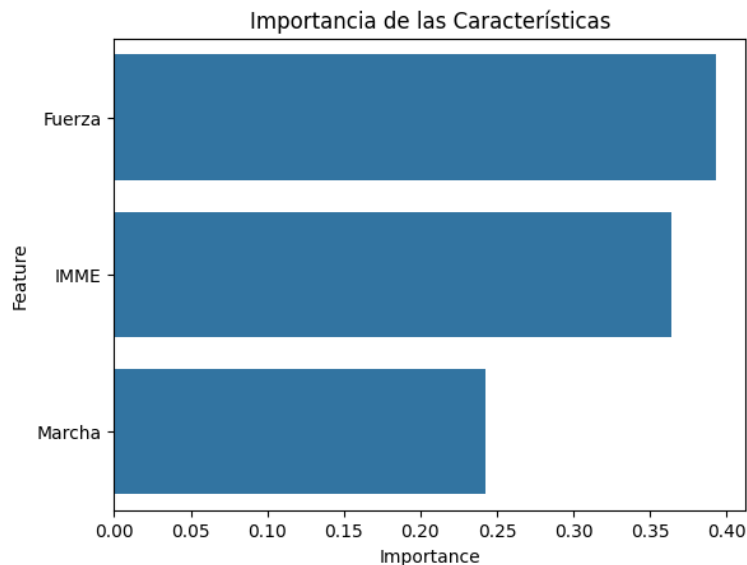
Se promediaron los valores de corte para Fuerza, IMME y velocidad de marcha de 1000 modelos de árbol de decisión, que clasifican a un participante como parte de Cluster 2.

Los valores coinciden, en cierto grado con los puntos de corte sugeridos para sarcopenia.

Los **puntos de corte** usuales son:

- Fuerza de agarre inferior a 27 kg (hombres) o inferior a 15 kg (mujeres).
- Índice de masa muscular esquelética apendicular inferior a 7 kg/m<sup>2</sup> (hombres) o inferior a 5.5 kg/m<sup>2</sup> (mujeres).
- Velocidad de marcha inferior a 0.8 m/s (ambos sexos).

	Feature	Average Split Value
0	Fuerza	27.939671
1	IMME	6.763775
2	Marcha	0.798217





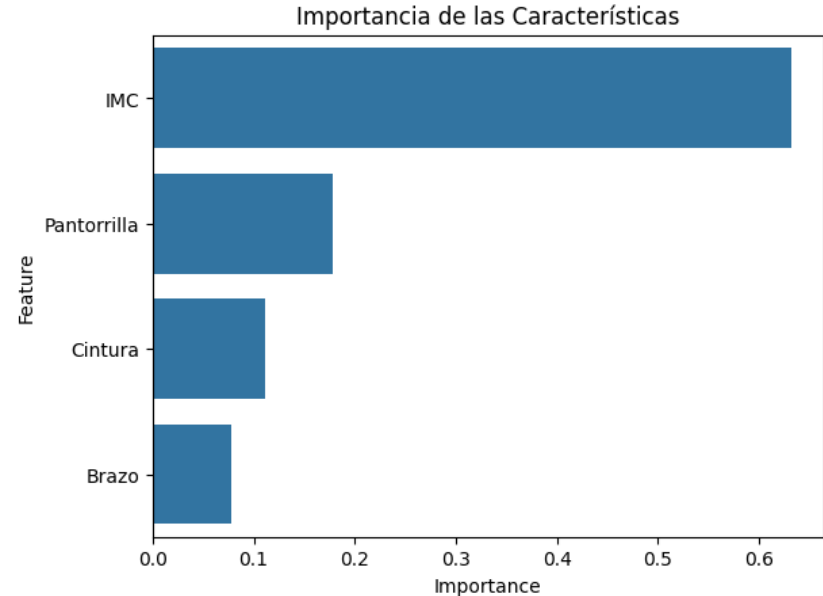
## El identificar el cluster de pacientes permite buscar puntos corte para otros parámetros antropométricos

Los valores coinciden, en cierto grado con los puntos de corte sugeridos para sarcopenia (hechos para un grupo de voluntarios en Brasil):

- **Cintura  $\leq 97$ cm (hombres) y  $\leq 86$  cm (mujeres).**
- **Pantorrilla  $\leq 33$  cm (hombres) y  $\leq 31$  cm (mujeres).**
- **Brazo  $\leq 27$ cm (hombres y mujeres).**
- **IMC  $\leq 24,8$  kg/m<sup>2</sup> (hombres) y  $\leq 24,5$  kg/m<sup>2</sup> (mujeres).**

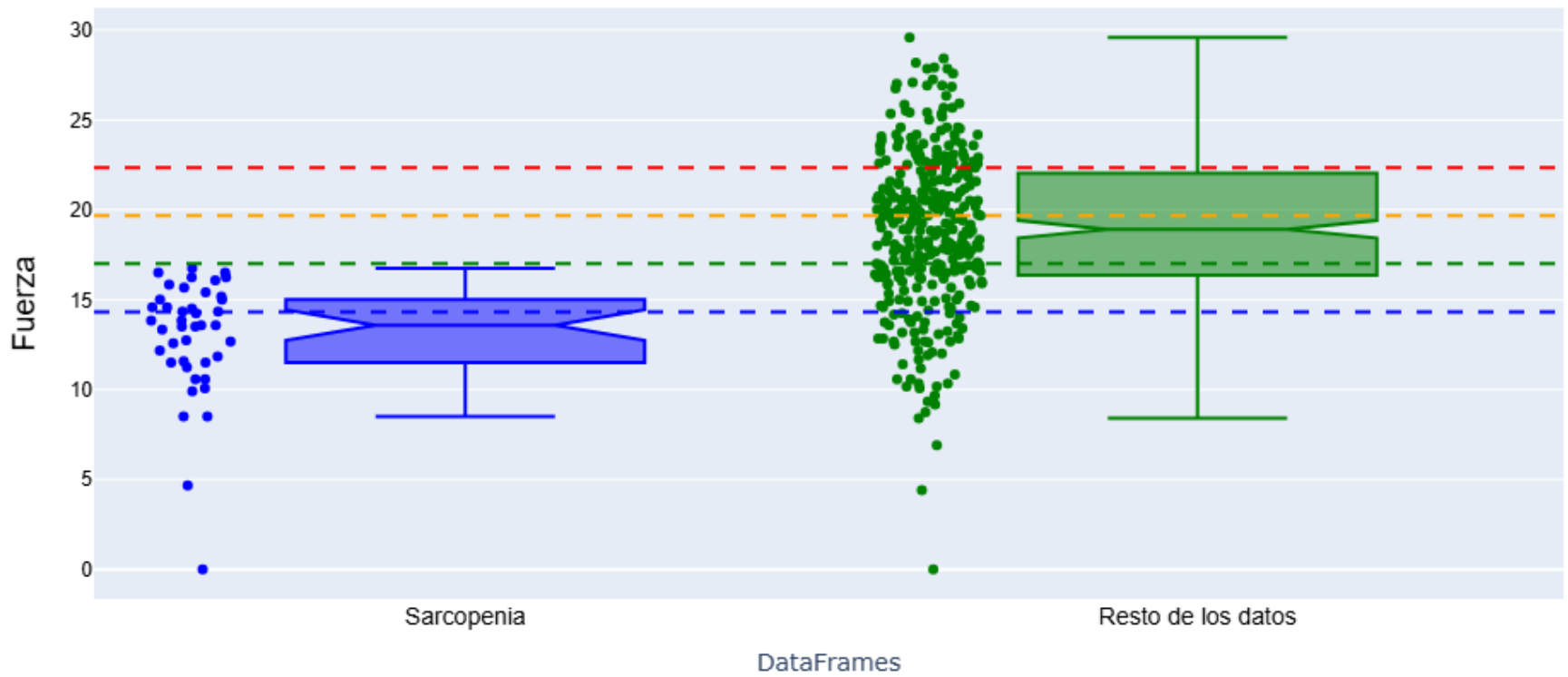
**Fuente:** *Anthropometric indicators as a discriminator of sarcopenia in community-dwelling older adults of the Amazon region: a cross-sectional study*

	Feature	Average Split Value
0	Pantorrilla	34.712260
1	Brazo	28.750363
2	Cintura	97.607227
3	IMC	26.701942

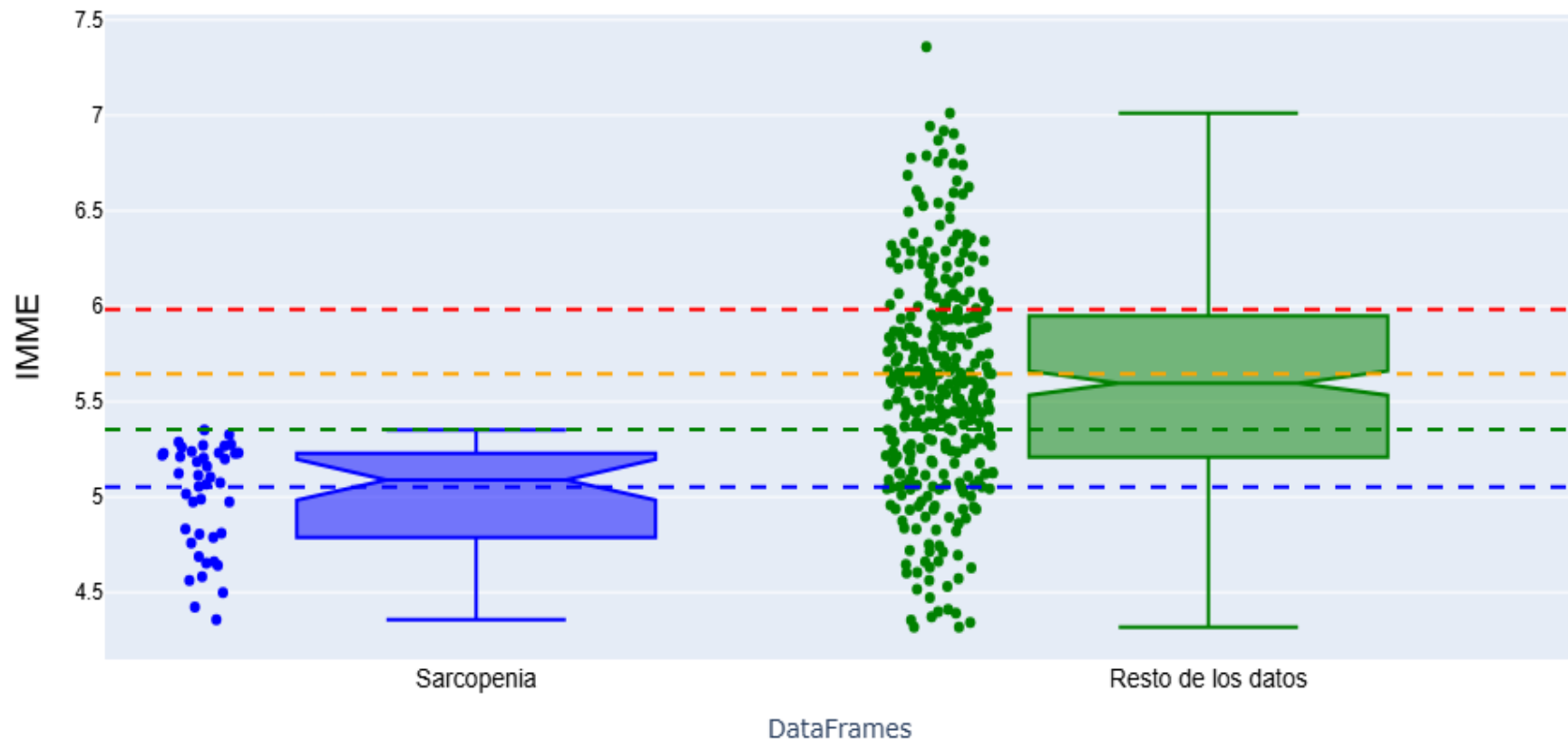


El proceso se repitió con la muestra de mujeres.

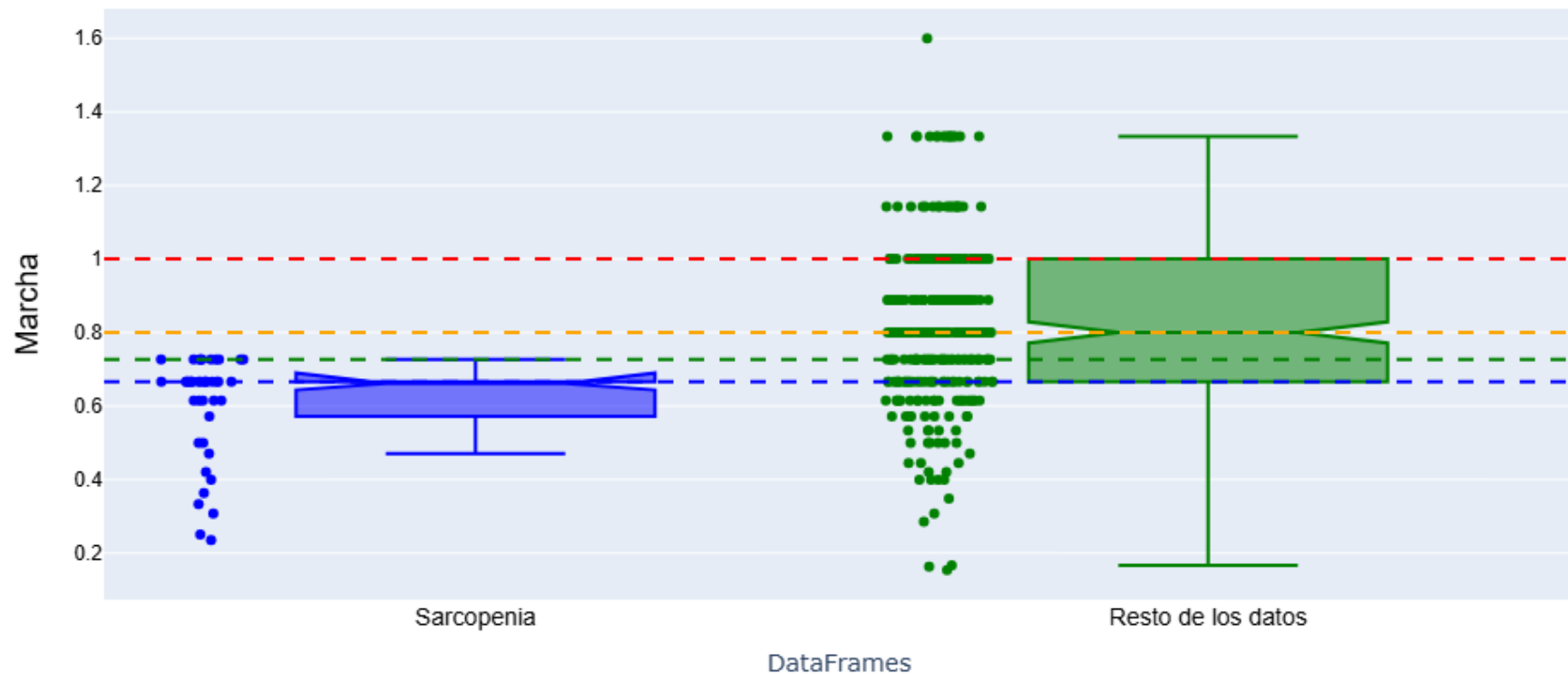
Comparación entre cluster de "Sarcopenia Grave" y el resto de los pacientes - Fuerza



## Comparación entre cluster de "Sarcopenia Grave" y el resto de los pacientes - IMME



## Comparación entre cluster de "Sarcopenia Grave" y el resto de los pacientes - Marcha

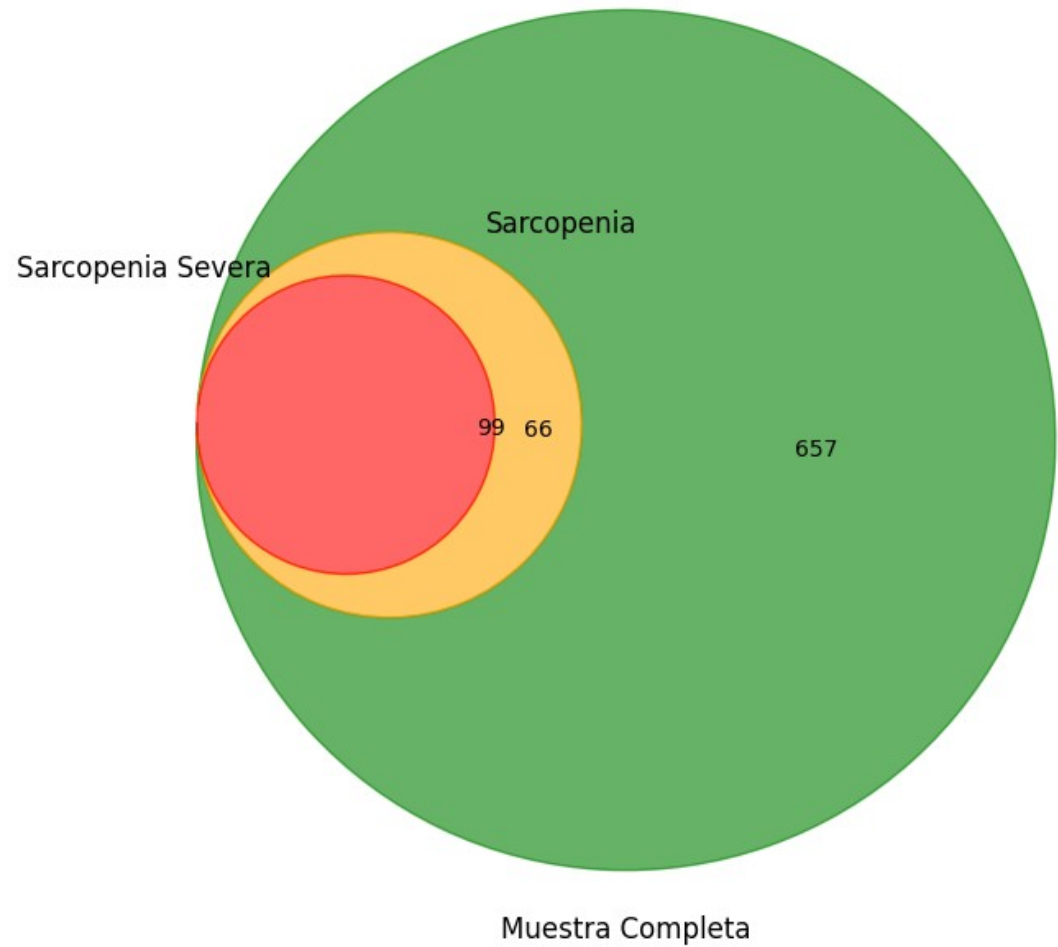


En cuanto a las proporciones, respecto a la muestra completa para hombres, los pacientes con sarcopenia representan el 20% de la muestra:

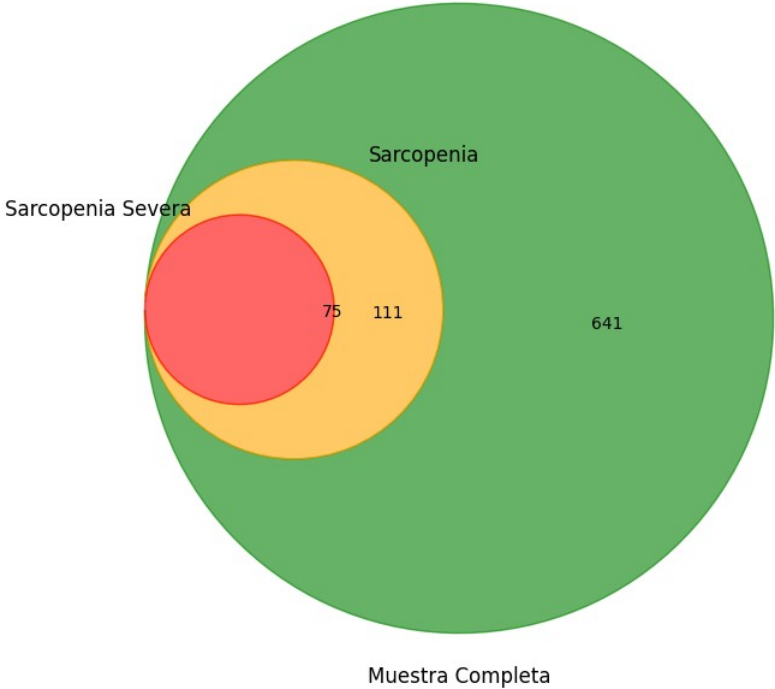
20% (sarcopenia no grave)

12% (sarcopenia grave)

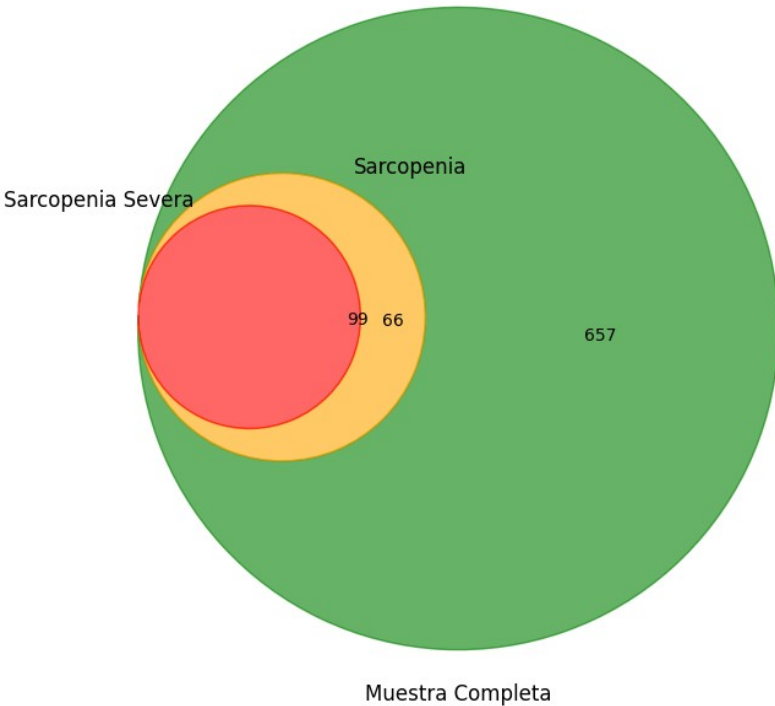
Proporción de pacientes: Sarcopenia Severa y Sarcopenia (Muestra: "Mujeres", IMMS-2019)



Proporción de pacientes: Sarcopenia Severa y Sarcopenia (Muestra: "Hombres", IMMS-2019)



Proporción de pacientes: Sarcopenia Severa y Sarcopenia (Muestra: "Mujeres", IMMS-2019)



Los diagramas de Venn representan la coincidencia en los folios entre los pacientes con sarcopenia y los que están clasificados dentro de cada cluster.

El cluster 1 comparte la mayor intersección.

Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 0

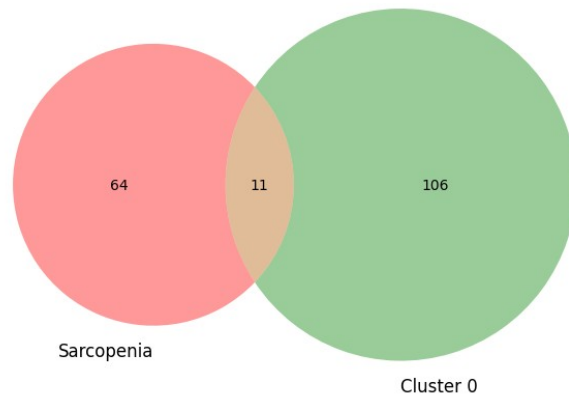


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 3

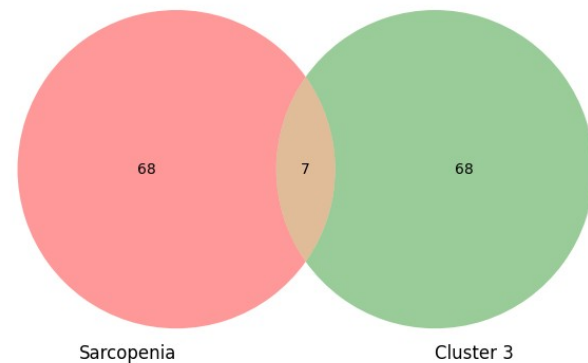


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 1

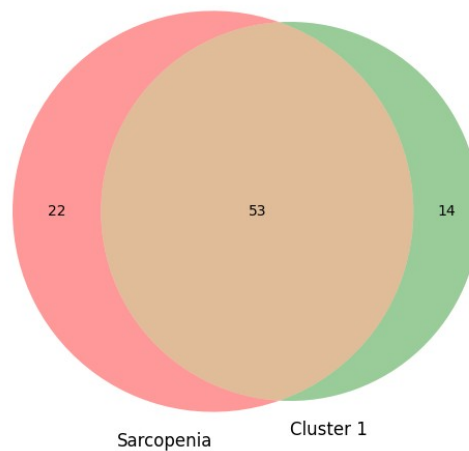


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia y el Cluster 4

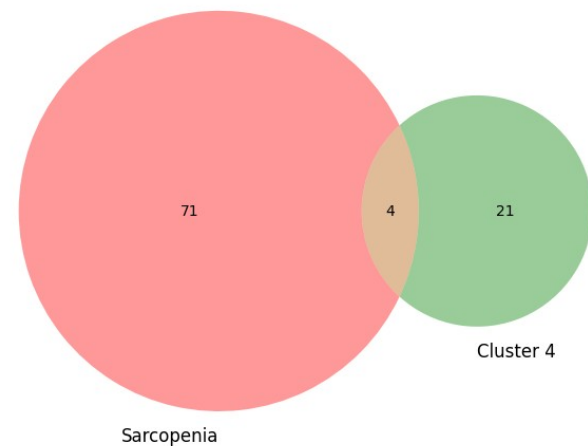


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 0

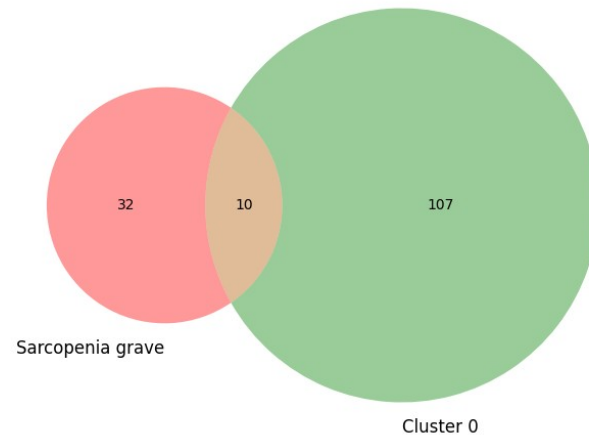


Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 1

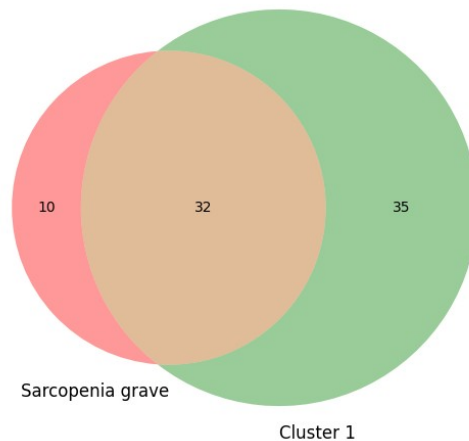


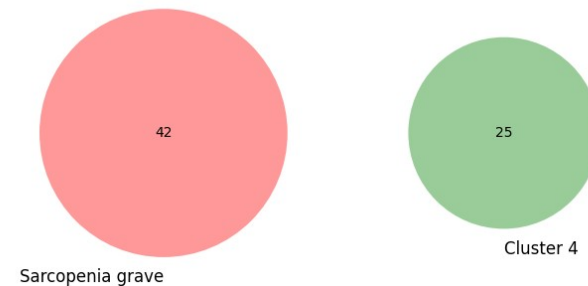
Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 2



Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 3



Diagrama de Venn entre el grupo de pacientes con sarcopenia grave y el Cluster 4

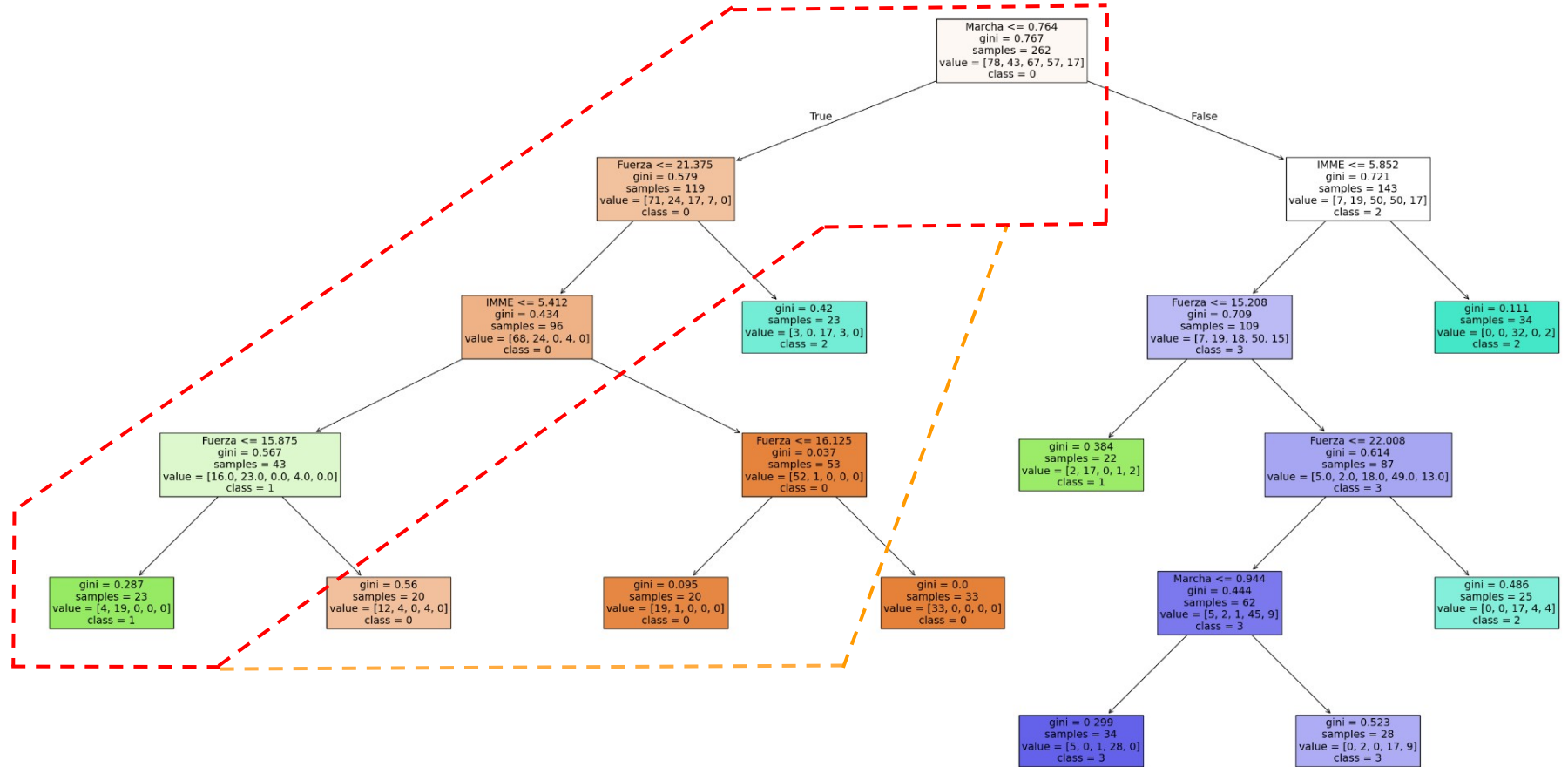


Se repitió la comparación pero para los pacientes con **“sarcopenia grave”** y los que están clasificados dentro de cada cluster.

El cluster 1 tiene la mayor coincidencia.



## Árbol de Decisión: Sistema IMME + Fuerza + Marcha



Los modelos de árbol de decisión se corrieron 1000 veces y se promediaron los valores de corte para Fuerza, IMME y velocidad de marcha que clasifican a un participante como parte de Cluster 2.

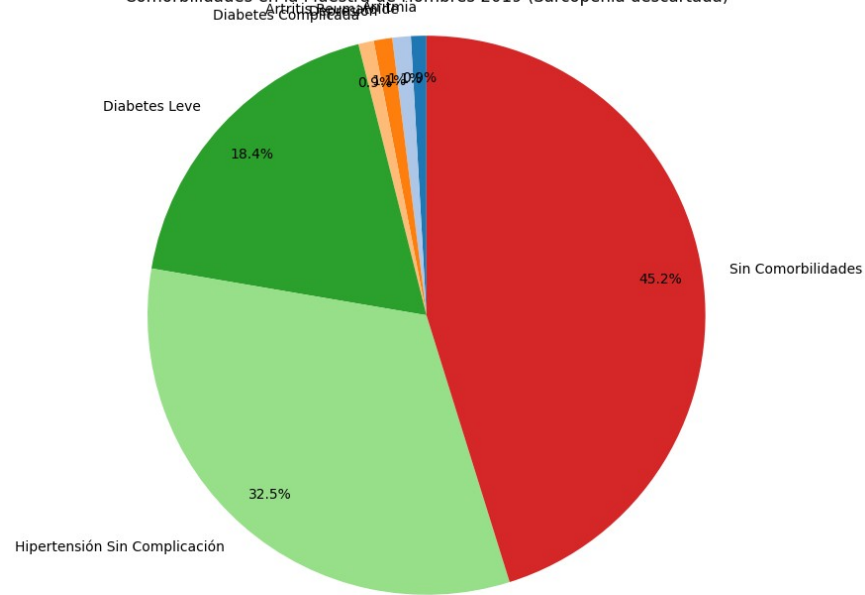
Los valores coinciden, en cierto grado con los puntos de corte sugeridos para sarcopenia (hechos para un grupo de voluntarios en Brasil):

Cintura  $\leq 97$ cm (hombres) y  $\leq 86$  cm (mujeres).  
Pantorrilla  $\leq 33$  cm (hombres) y  $\leq 31$  cm (mujeres).  
Brazo  $\leq 27$ cm (hombres y mujeres).  
IMC  $\leq 24,8$  kg/m<sup>2</sup> (hombres) y  $\leq 24,5$  kg/m<sup>2</sup> (mujeres).

Puntos de Corte Promedio para los  
Parámetros del Árbol de Decisión (Solo  
Cluster 1):

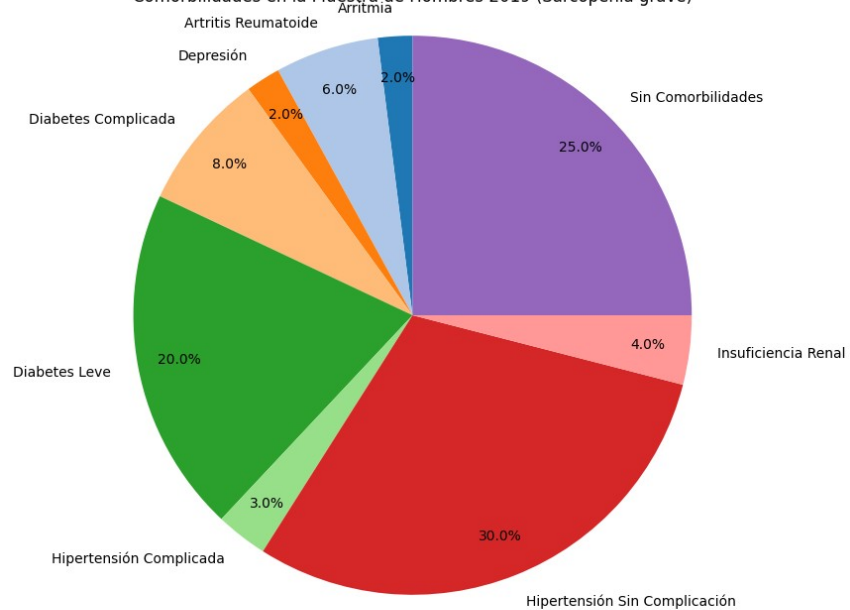
	Feature	Average Split Value
0	Pantorrilla	33.072573
1	Brazo	28.019170
2	Cintura	92.580008
3	IMC	26.514533

Comorbilidades en la Muestra de Hombres 2019 (Sarcopenia descartada)



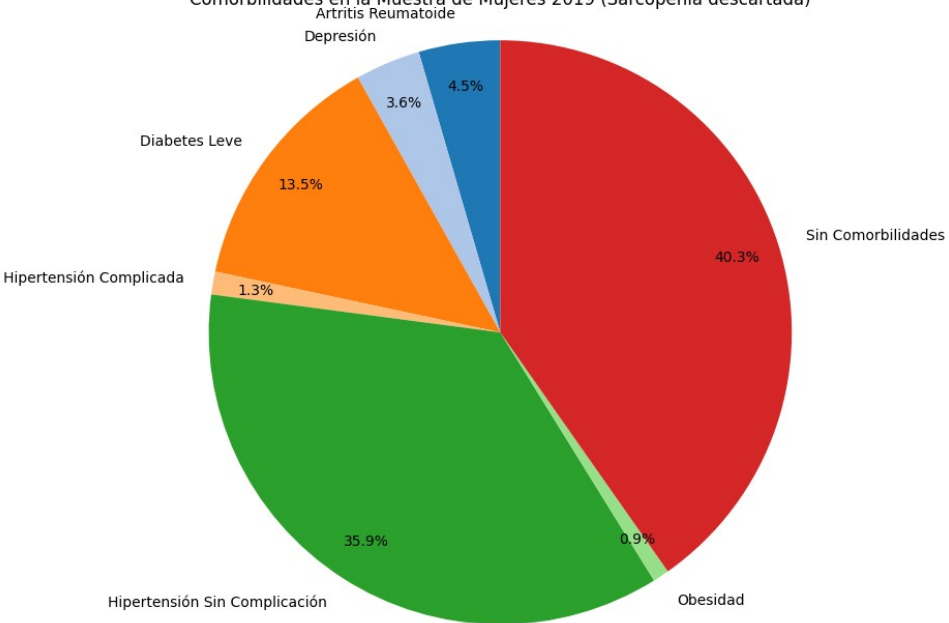
Total de pacientes: 495

Comorbilidades en la Muestra de Hombres 2019 (Sarcopenia grave)



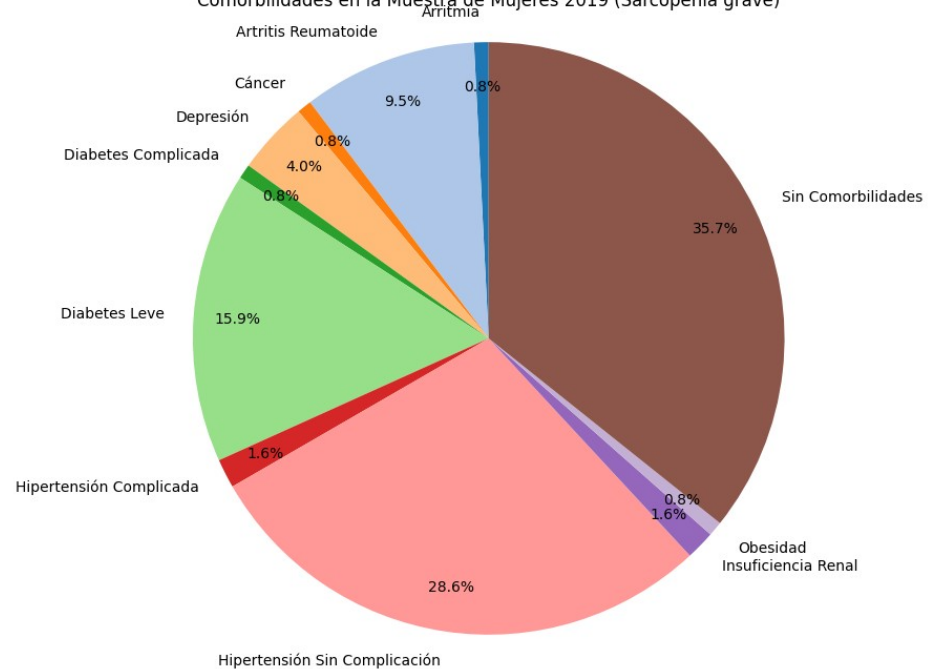
Total de pacientes: 75

Comorbilidades en la Muestra de Mujeres 2019 (Sarcopenia descartada)



Total de pacientes: 488

Comorbilidades en la Muestra de Mujeres 2019 (Sarcopenia grave)



Total de pacientes: 99

Selecciona una pestaña:

- ☒ Presentación
- ☐ Modelos con una variable
- ☐ Modelos con 2 variables
- ☐ Predicción de Sarcopenia
- ☐ Registro de datos
- ☐ Equipo de trabajo

# Sobre AntropoFit

Esta aplicación es resultado del proyecto de estancia posdoctoral "**Identificación de las etapas y tipos de sarcopenia mediante modelos predictivos como herramienta de apoyo en el diagnóstico a partir de parámetros antropométricos**", desarrollado por el Doctor en Ciencias (Astrofísica) Santiago Arceo Díaz, bajo la dirección de la Doctora Xóchitl Rosío Angélica Trujillo Trujillo, y con la ayuda de los colaboradores mencionados en esta sección. Esta estancia es gracias a la colaboración entre el entre el [Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología \(CONAHCYT\)](#) y la [Universidad de Colima \(UCOL\)](#)

## Muestra

Los datos utilizados para los modelos se recolectaron a partir de un grupo de voluntarios de centros de convivencia de personas adultas mayores, residentes en las Ciudades de Colima y Villa de Álvarez. **En la presente aplicación se crean modelos que permiten estimar variables como el porcentaje de grasa corporal y masa muscular en personas adultas mayores**, permitiendo la evaluación de síndromes geriátricos como la sarcopenia en situaciones en las que no se cuente con el equipo de medición adecuado.

## Algoritmos y lenguaje de programación

Elegimos el lenguaje de programación [Python](#) y las plataformas [Streamlit](#) y [GitHub](#). Estas opciones permiten una fácil visualización y manipulación de la aplicación, además de almacenar los algoritmos en la nube. Las técnicas utilizadas para el análisis de los datos y la creación de modelos de aproximación se derivan de prácticas usuales para la depuración de datos, la creación de árboles de ajuste, la técnica de clustering jerárquico y Random Forest. **La aplicación es de libre acceso y uso gratuito para cualquier personal de atención primaria de pacientes geriátricos.**

## Objetivo

El objetivo de esta aplicación es asistir al personal médico en la captura, almacenamiento y análisis de datos antropométricos de adultos mayores para la determinación de dependencia funcional y sarcopenia.

# Conclusiones

La aplicación desarrollada provee de modelos que pueden adaptarse a las variables antropométricas disponibles en las clínicas de atención primaria y permiten calcular la masa muscular, el porcentaje de grasa corporal con un coeficiente de bondad de ajuste entre dos y tres veces mayor que el de un modelo lineal (dependiendo de las variables predictoras).

Si además se cuenta con mediciones de la fuerza de presión y velocidad de marcha, se pueden usar las cuatro variables para predecir el riesgo de sarcopenia en pacientes geriátricos.

En trabajos posteriores se trabajará en mejorar la robustez de los modelos al incrementar la muestra.

## Trabajo a futuro

Como trabajo futuro, se tiene previsto ampliar el tamaño de la muestra para mejorar la robustez de los modelos predictivos y obtener resultados más generalizables empleando bases de datos de libre acceso disponibles en la plataforma [www.datos.gob.mx](http://www.datos.gob.mx).

# Referencias

•Consejo Nacional de Población (CONAPO), Proyecciones de la población en México, 1950-2050, México, D.F., 2006 [en línea] <http://www.conapo.gob.mx> [fecha de consulta: 1 de octubre de 2009].

•Bermúdez, C. R., Vargas, A. B., y Jiménez, G. B. (2019). Sarcopenia: abordaje integral del adulto mayor: Revisión de tema. Revista Medica Sinergia, 4(5), 24-34.

•Espinel-Bermúdez, María Claudia, et al. "Factores asociados a sarcopenia en adultos mayores mexicanos: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012." Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social 56.1 (2018): 46-53.

•Fisiologiadelejercicio.com. Recuperado el 26 de abril de 2024, de <https://www.fisiologiadelejercicio.com/sarcopenia-y-enfermedad-cardiovascular/>

•¿Qué es la Sarcopenia? (s/f). Udec.cl. Recuperado el 26 de abril de 2024, de <https://vidasaludable.udec.cl/node/262>

•Parra-Rodríguez, Lorena, et al. "Cross-cultural adaptation and validation of the Spanish-language version of the SARC-F to assess sarcopenia in Mexican community-dwelling older adults." Journal of the American Medical Directors Association 17.12 (2016): 1142-1146.

•Cedeno-Moreno, Denis, and Miguel Vargas-Lombardo. "Application of machine learning with supervised classification algorithms: in the context of health." 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC). IEEE, 2019.

•Goldrei, D. C. Classic Set Theory: For Guided Independent Study. Routledge, 2017.

•Pawlak, Zdzislaw. "Rough set theory and its applications." Journal of Telecommunications and information technology (2002): 7-10.

•Song, Yan-Yan, and L. U. Ying. "Decision tree methods: applications for classification and prediction." Shanghai archives of psychiatry 27.2 (2015): 130.