

Relación entre el Porcentaje de Grasa Corporal y el Funcionamiento Pulmonar en Hombres Universitarios Jóvenes: Un Análisis Predictivo Basado en Indicadores Fisiológicos

Andrés Jesús Rojas Sánchez¹, Carlos Chacón Sanabria¹

andres.rojassanchez@ucr.ac.cr, carlos.chaconsanabria@ucr.ac.cr

RESUMEN

En el presente estudio se interesa encontrar la relación que tiene el funcionamiento pulmonar medido a través de la Capacidad Vital Forzada (FVC) y variables predictoras como el índice de masa corporal (BMI), peso y porcentaje de masa corporal en sesenta hombres jóvenes. Mediante la aplicación modelo de regresión lineal propuesto se determina que la variable peso tiene una relación positiva fuerte con el FVC. Por el contrario, el BMI y porcentaje de masa corporal muestran relaciones negativas, lo que sugiere que el peso es el predictor más relevante y estable en este contexto. El coeficiente de determinación ajustado del modelo es de 0.526 alcanzó un valor de 0.51.

PALABRAS CLAVE: Capacidad Vital Forzada (FVC), Índice de masa corporal (BMI), Peso, Porcentaje de masa corporal.

ABSTRACT

This study examines the relationship between pulmonary function, measured through Forced Vital Capacity (FVC) and predictive variables such as body mass index (BMI), weight, and body fat percentage, in a sample of sixty young men. Using a linear regression model, the results indicate that weight has a strong positive association with FVC. In contrast, BMI, and body fat percentage show negative relationships with pulmonary function, suggesting that weight is the most relevant and stable predictor in this context. The adjusted coefficient of determination for the model used was 0.5265, while its predictive power was 0.51.

KEYWORDS: Forced Vital Capacity (FVC), Body mass index (BMI), Weight, Body fat percentage.

¹Estudiantes de Estadística de la Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

La obesidad ha alcanzado proporciones alarmantes a nivel mundial, convirtiéndose en un problema prioritario de salud pública debido a sus múltiples efectos adversos sobre la salud humana. Este estado promueve cambios metabólicos y estructurales que incrementan la susceptibilidad a diversas enfermedades, incluidas afecciones cardiovasculares, pulmonares, renales, biliares, alteraciones metabólicas, apnea obstructiva del sueño, y algunos tipos de neoplasias (Rodríguez et al., 2019). En particular, la obesidad altera directamente las propiedades biomecánicas del tórax y los pulmones debido a la acumulación de grasa en el mediastino, el abdomen y la cavidad torácica (Arévalo et al., 2018). Estas alteraciones pueden reducir la eficiencia del sistema respiratorio, comprometiendo su capacidad para funcionar de manera óptima. Diversos estudios han señalado que el sobrepeso y la obesidad pueden impactar capacidades pulmonares clave, como la capacidad residual funcional (CRF) y la capacidad pulmonar total (CPT), debido a un incremento en las resistencias elásticas del tórax y de los pulmones (Carpio et al., 2014). Además, el mayor grosor de la pared torácica observado en personas con obesidad desempeña un papel importante en la reducción de la expansión pulmonar, exacerbando las dificultades respiratorias en este grupo de población.

El porcentaje de grasa corporal se ha establecido como un indicador crucial para evaluar los riesgos asociados a la obesidad y el sobrepeso, desempeñando un rol central tanto en el ámbito clínico como en la promoción de hábitos de vida saludables. Este parámetro permite no solo identificar condiciones de riesgo metabólico, sino también orientar estrategias personalizadas de intervención y seguimiento (Dávila - Batista et al., 2016). En paralelo, la Capacidad Vital Forzada (FVC) emerge como un método confiable para la valoración de la fuerza muscular respiratoria proporcionando métricas precisas que reflejan la capacidad funcional del sistema respiratorio en relación con los niveles de adiposidad (Leitner, 2023). Estas mediciones combinadas ofrecen un enfoque integral para comprender las interacciones entre la composición corporal y la función pulmonar, facilitando el diseño de intervenciones efectivas en poblaciones con obesidad o sobrepeso.

Finalmente, se ha demostrado que la función pulmonar puede verse influenciada por una variedad de factores modificables y no modificables. Entre los factores no modificables se encuentran la estatura, la edad, el género, la etnicidad, la raza, predisposiciones genéticas, defectos congénitos inducidos ambientalmente o accidentes (Moncada, 1998). Estos factores, aunque no pueden ser alterados, deben ser considerados en la evaluación integral de la función pulmonar, particularmente en estudios que buscan entender el impacto de la obesidad y otras variables relacionadas con la salud física.

Este estudio busca investigar la relación entre el funcionamiento pulmonar, medido a través de la Capacidad Vital Forzada (VPC) y diversas variables predictoras relacionadas con la salud física, tales como el índice de masa corporal (BMI), el peso y el porcentaje de grasa corporal, en hombres jóvenes. A pesar de que esta población suele considerarse saludable, es fundamental comprender cómo estas variables pueden influir en la capacidad respiratoria para identificar posibles factores de

riesgo y diseñar intervenciones preventivas oportunas que mitiguen las complicaciones respiratorias asociadas a la obesidad.

METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo observacional, dado que las variables explicativas, como el peso, la medida de la cintura y la medida del abdomen las cuales no fueron controladas. Se analizó una base de datos existente con el objetivo de identificar asociaciones entre la función pulmonar y diversas características antropométricas en una población específica. La base de datos utilizada en este estudio proviene de un muestreo a conveniencia, condicionado por criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Se seleccionaron únicamente hombres universitarios con edades de 20 a 30 años, excluyéndose individuos de otros grupos etarios, géneros o con antecedentes de enfermedades que pudieran influir en la función pulmonar. Los datos analizados fueron proporcionados por el Dr. José Moncada Jiménez, investigador del Centro de Investigación del Movimiento Humano (CIMO HU) de la Universidad de Costa Rica. La base de datos utilizada fue recopilada en el año 1998 como parte de una tesis académica e incluye información detallada de 60 hombres universitarios. La recolección de datos se llevó a cabo mediante diversas pruebas físicas y mediciones antropométricas, asegurando la precisión de las variables consideradas en el estudio.

La variable de respuesta en este estudio es la Capacidad Vital Forzada (FVC, por sus siglas en inglés). Según Leitner (2023), la FVC se define como el volumen de aire expulsado durante una espiración forzada tras una inhalación máxima. Este parámetro es un indicador fundamental de la función pulmonar y se expresa en litros. Su medición es ampliamente utilizada en la evaluación del sistema respiratorio y resulta esencial en el diagnóstico y seguimiento de patologías respiratorias. Las variables predictoras utilizadas en la investigación se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1.

Variables predictoras utilizadas en el modelo de regresión lineal.

Predictores	Unidad de medida
BMI	Kg/m ²
Peso	Kg
Body fat	%

Se considera bajo peso cuando el BMI es inferior a 18.5 kg/m², peso normal cuando se encuentra en 18.5 y 24.99 kg/m², sobrepeso cuando oscila entre 25 y 29.99 kg/m² y obesidad cuando supera los 30 kg/m². En la muestra analizada, el BMI presentó un valor mínimo de 19.44 kg/m² y un valor máximo de 33.623 kg/m². El peso corporal no posee una clasificación estándar en términos de rangos definidos, sin embargo, dentro de la muestra utilizada en este estudio se registraron valores mínimos y máximos de 55.863 kg y 116.954 kg, respectivamente. De igual forma el porcentaje de grasa corporal no cuenta con un rango universalmente estandarizado, existen criterios establecidos que permiten su categorización en diferentes niveles. Además, es importante resaltar que, en la

investigación realizada, la variable de porcentaje de grasa corporal se usó como variable continua, en concordancia con la forma que se encuentra registrado en la base de datos utilizada. Los valores específicos se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2.

Porcentajes de grasa corporal, por sexo.

Clasificación	Varones (%)	Mujeres (%)
<i>Normal</i>	10-20	20-30
<i>Sobrepeso</i>	20-25	30-35
<i>Obesidad</i>	>25	>35

Fuente: Tomado de Davila V. (2015) National Library of Medicine

Cabe resaltar que el valor mínimo en la muestra es de 3.226% de grasa corporal y el máximo es de 25.542%. Mediante el análisis de los datos proporcionados por el experto, se hará un análisis de estos mismos mediante el software “R”, donde se buscará el siguiente modelo para intentar predecir la presión inspiratoria máxima de hombres sanos mayores de 20 años (R Core Team, 2023). Además, las librerías que se usaron para hacer el análisis estadístico apropiado fueron: Car, lmtest, ggplot2, lattice, GGally y Kable. El modelo de regresión planteado es el siguiente :

$$\text{Capacidad Vital Forzada (FVC)} = \beta_0 + \beta_1 \text{Peso} + \beta_2 \text{BMI} + \beta_3 \text{Bodyfat}$$

RESULTADOS

Como primer paso, una vez planteado el modelo, se procedió con el análisis de las correlaciones de la variable FVC con las respectivas variables independientes. Estos resultados se presentan junto a sus diagramas de dispersión en la Figura 1.

Figura 1.

Correlaciones y diagramas de dispersión.

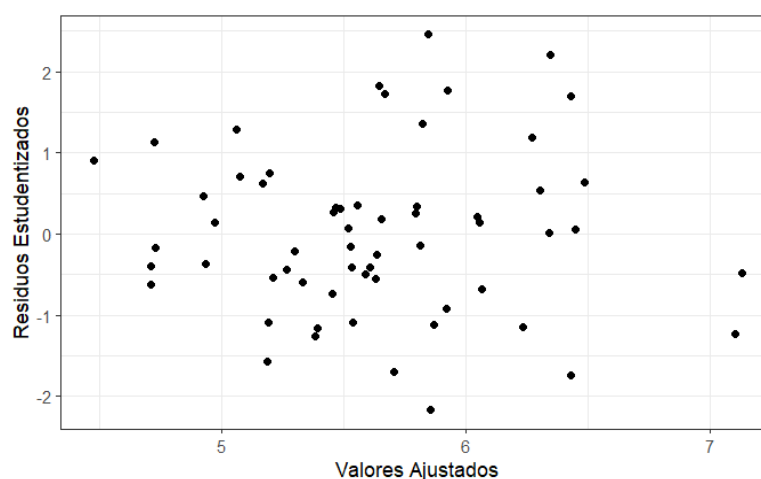


Se logra observar una correlación moderada de peso con FVC y una correlación débil con las variables bmi y bodyfat. Se evidencia en el análisis de regresión que existe una relación positiva entre el peso corporal y la Capacidad Vital Forzada (FVC), donde un aumento en el peso tiende a estar asociado con un incremento en la función pulmonar. A pesar de la dispersión observada en los datos, la tendencia general sigue un patrón ascendente, lo que sugiere que el peso es un predictor significativo de la FVC. No obstante, la presencia de variabilidad alrededor de la línea de regresión ajustada indica que pueden existir otros factores influyentes no considerados en el modelo. Por otro lado, el Índice de Masa Corporal (BMI) también muestra una relación positiva con la FVC, aunque con una pendiente de regresión menor en comparación con el peso, lo que sugiere un efecto más gradual sobre la función pulmonar. En cuanto al porcentaje de grasa corporal (Body fat), su relación con la FVC es más débil en comparación con las demás variables predictoras. Aunque la pendiente de regresión sigue siendo positiva, su magnitud es considerablemente menor, lo que sugiere un impacto limitado en la función pulmonar. En general, los resultados sugieren que, si bien el peso es el predictor más fuerte de la FVC, el BMI y el porcentaje de grasa corporal también pueden desempeñar un papel en la variabilidad de la función pulmonar, aunque con menor impacto.

Para evaluar la presencia de valores extremos y su influencia en el modelo de regresión lineal planteado, se implementaron diversos análisis gráficos. Primero se calcularon los residuales estudentizados los cuales permiten identificar observaciones atípicas al ajustar la variabilidad de los errores estándar.

Figura 2.

Residuos Estudentizados.



Los residuos estudentizados se distribuyen de manera aleatoria, lo que indica que no hay patrones en los errores del modelo. También se puede ver que los valores están dentro del rango de -2 a 2, lo cual sugiere una normalidad aceptable para los residuos y no se logra identificar residuos estudentizados que excedan significativamente los límites de -2 o 2, por lo cual se puede inferir que no hay valores atípicos evidentes. Luego se analizaron los valores ajustados mediante la métrica

DFFITS, que mide el impacto de cada observación en los valores predichos en sí mismo. Se emplearon las distancias de Cook para así identificar puntos influyentes que pueden modificar los coeficientes del modelo de forma significativa, además se emplearon las figuras de los cambios de coeficientes para ver posibles valores influyentes en los parámetros del modelo.

En la Figura 4, mediante la métrica de DFFITS, se obtuvo como resultado que la mayoría de las observaciones tienen valores por debajo del límite horizontal de 0.6, una observación presenta un valor cercano a 0.8 lo que podría sugerir que haya un punto influyente. Aunque esa observación se destaca de las demás, no es excesivamente alta por lo que se puede insinuar que la influencia de ese valor en el modelo es moderada pero no crítica. Asimismo, en la Figura 5, la distribución de la Distancia de Cook muestra que la mayoría de los valores se encuentran por debajo de 0.2, sin que ninguna observación supere el umbral de 1. Esto indica que ninguna de las observaciones ejerce una influencia significativa sobre las otras observaciones. En las Figuras 6, 7 y 8 se identificaron algunos valores que sí pueden estar generando influencia en los coeficientes, por esta razón, se hacen 2 modelos, uno con todos los valores de la muestra y otro excluyendo estos posibles valores influyentes.

Cuadro 3.

Comparación de Modelos.

Intercepto (beta0)	Coeficiente de peso o X1	Coeficiente de BMI o X2	Coeficiente de bodyfat o X3	R² ajustado	P²
3.094	0.076	-0.118	-0.05	0.426	0.387
3.203	0.08	-0.143	-0.033	0.526	0.51

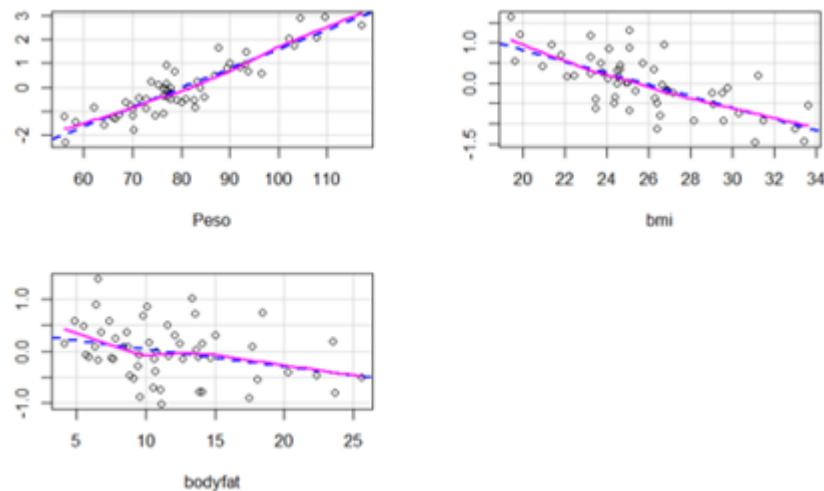
En el Cuadro 3, se observa el modelo con toda la muestra y el otro modelo el cual excluye 6 valores que mediante el análisis de los $dfbetas$ podrían ser influyentes. Los coeficientes de ambos modelos son muy similares, por esta razón, se puede asumir que estos valores no son extremos, pero el segundo modelo posee un poder predictivo más alto, por esta razón se decide seguir con este modelo.

A partir del modelo seleccionado anteriormente, se procedió a realizar el análisis de todos los supuestos que debe de cumplir el modelo de regresión múltiple para conocer qué tan confiable y válidas son las estimaciones del modelo seleccionado y poder realizar a partir de este todos los análisis pertinentes para la investigación. Para analizar el supuesto de normalidad se hizo la prueba de Shapiro para confirmar que sí hay normalidad en los residuos del modelo anteriormente planteado. Se obtuvo como resultado, un p-value de 0.7618, entonces a partir de esta información se puede concluir que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que establece que los residuos siguen una distribución normal con un valor de alfa de 5%. Además, en la Figura 9 se observa gráficamente un comportamiento acorde con la normalidad, lo cual respalda esta conclusión.

Para analizar el supuesto de linealidad de las variables independientes, se elabora la Figura 3.

Figura 3.

Análisis gráfico del supuesto de linealidad.



Se puede observar en la Figura 3, en el gráfico de Peso, una relación positiva y clara entre el Peso y la variable respuesta con una línea de ajuste que sigue un patrón ascendente, la distribución de los puntos alrededor de la línea ajustada sugiere una relación lineal adecuada entre el Peso y la variable FVC con pocos residuos alejados de la tendencia. En el gráfico de la variable BMI se logra identificar una relación con un patrón negativo entre BMI y los residuos, con una línea de ajuste descendiente y aunque la mayoría de los puntos siguen la tendencia central, se observan ligeros desvíos en algunos extremos, esto podría indicar variaciones menores respecto a la linealidad. Además, en el gráfico de la variable bodyfat se puede notar una relación de patrón negativo entre bodyfat y FVC, aunque la dispersión de los puntos es mayor en comparación con las otras dos variables. La línea de ajuste también desciende, pero de forma suave en comparación al gráfico de BMI pero la variabilidad de los puntos puede indicar que existe una relación más débil con FVC.

Para analizar el supuesto de homocedasticidad se realizó la prueba de Breusch-Pagan, el cual dio como resultado del p-value un valor de 0.9698. Entonces, a partir de esta información se puede concluir que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que establece que los errores tienen varianza constante con un valor de alfa de 5%.

Para analizar el supuesto de multicolinealidad del modelo se realiza un cuadro donde se pueden ver los valores de VIF del modelo propuesto.

Cuadro 4.

Análisis de multicolinealidad del modelo.

Variables Predictoras	VIF
Peso	6.465
bmi	5.466
bodyfat	2.231

En el Cuadro 4 se observa que los VIF son menores a 10, por lo tanto, se puede suponer que no hay multicolinealidad, los “VIF” más altos son los de la variable peso y bmi, sin embargo, son más bajos que el límite teórico. En el Cuadro 5 se resumen los resultados obtenidos de los análisis de supuestos.

Cuadro 5.

Resumen de resultados del análisis de supuestos.

Supuesto	Resultado
Normalidad	Se mantiene, la prueba de Shapiro de una p-value de 0.762.
Homocedasticidad	Se cumple, la prueba de Breusch-Pagan da como resultado un p-value de 0.97.
No Multicolinealidad	Se mantiene, el VIF de cada predictor es menor a 10.
Linealidad	Se mantiene a partir de los resultados obtenidos en la Figura 3, se concluye que hay linealidad.

CONCLUSIONES

En conclusión, el modelo que mejor estima el FVC promedio de las personas según los resultados de esta investigación, es el compuesto por las variables peso, BMI y bodyfat, dejando por fuera algunas variables predictoras que, según las investigaciones consultadas, son significativas para la estimación del FVC como la puede ser la estatura. Algunas de estas variables que estaban presentes en la base de datos, pero no se tomaron en cuenta porque no obtuvieron el valor de significancia que debieron tener para ser tomadas en cuenta para ser variables del modelo son la estatura y edad. Existen factores no modificables en las personas, estas incluyen a la estatura y la edad y otras como el sexo, la etnicidad, predisposiciones genéticas y los defectos congénitos los cuales pueden ser originados por causas ambientales o accidentes (Moncada, 1998).

Como es visto en el Cuadro 6, se observa que el peso tiene una relación positiva fuerte con el FVC, mientras que BMI y Bodyfat mostraron relaciones negativas, siendo el peso el predictor más significativo en términos de estabilidad y relevancia. Además, los análisis de residuos demostraron que se cumplieron los supuestos fundamentales del modelo, como la normalidad, homocedasticidad y ausencia de multicolinealidad severa, destacando así la validez del modelo propuesto. Los coeficientes fueron robustos frente a influencias individuales, sin embargo, se tomó la decisión de excluir ciertos valores de la muestra dado a que, al ejecutar esta medida, el modelo mejora en su R^2 ajustado y en su poder predictivo y esta medida fue gracias a que el cambio en los coeficientes de ambos modelos (muestra completa y sin estos valores) es poco.

El poder predictivo del modelo, el R^2 o el coeficiente de determinación ajustado tiene como resultado 0.526, indica que las variables predictoras explican el 53% de la variación en FVC. Aunque este valor sugiere un modelo adecuado, el cual es un modelo con un nivel moderado de ajuste, también evidencia que hay un 47% de la variación que podría deberse a factores no considerados en este análisis. Cabe destacar que el P^2 , el cual es el poder predictivo del modelo, tiene como resultado 0.51 el cual también es un poder predictivo relativamente alto y moderado.

En síntesis, estos hallazgos destacan la importancia del peso, BMI, Bodyfat como indicadores fisiológicos asociados al funcionamiento pulmonar en jóvenes universitarios. Sin embargo, el moderado poder predictivo del modelo sugiere que futuros estudios deberían explorar variables adicionales a los que hay en la base de datos tomada, esto para mejorar la capacidad explicativa del modelo. Este análisis aporta evidencia sólida sobre el impacto de parámetros en el funcionamiento pulmonar, contribuyendo al desarrollo de herramientas más robustas y orientadas a la personalización o investigación de intervenciones en salud respiratoria.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, A., Rojas, F., Céspedes, M., Medina, P., Escobar, M., & Muñoz, R. (2018). Influencia de la obesidad sobre la resistencia y conductancia específica de la vía aérea en niños escolares. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 116, e227–e233.
- Carpio, C., Santiago, A., de Lorenzo, A. G., & Álvarez, R. (2014). Función pulmonar y obesidad. *Nutrición Hospitalaria*, 30, 1054–1062.
- Dávila-Batista, V., Gómez-Ambrosi, J., Fernández-Villa, T., Molina, A. J., Frühbeck, G., & Martín, V. (2016). Escala colorimétrica del porcentaje de grasa corporal según el estimador de adiposidad CUN-BAE [Colour scale percent body fat by CUN-BAE adiposity estimator]. *Atención Primaria*, 48(6), 422–423. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2015.09.003>
- Leitner, E. (2023). *Correlación entre el cociente volumen espiratorio forzado en el primer segundo sobre capacidad vital forzada y el índice de obstrucción en modo M en pacientes con fibrosis quística* (Tesis de maestría, Universidad del Gran Rosario).
- Moncada, J. (1998). *Pulmonary function as predicted by selected fitness variables in college males* (Tesis de maestría, Springfield College).
- Rodríguez, S., Donoso, D., Sánchez, E., Muñoz, R., Conei, D., del Sol, M., & Escobar, M. (2019). Uso del índice de masa corporal y porcentaje de grasa corporal en el análisis de la función pulmonar. *International Journal of Morphology*.
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

ANEXOS

Figura 4.

DFFITS del modelo de regresión múltiple.

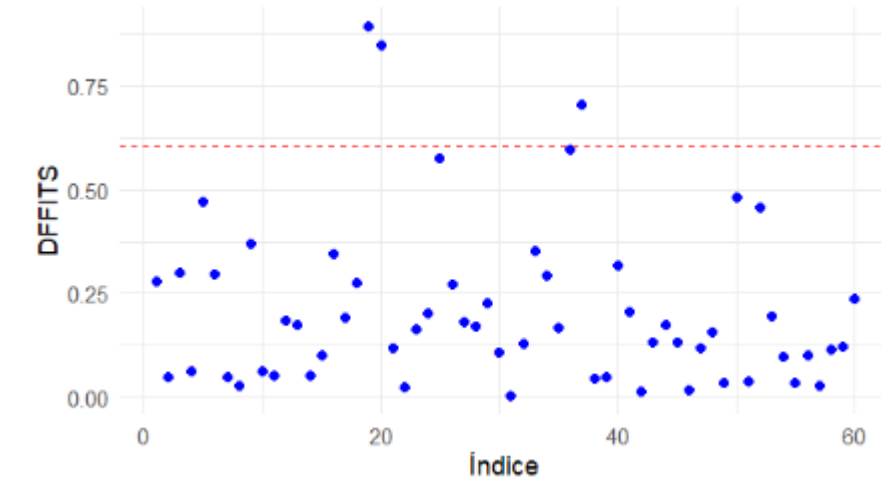


Figura 5.

Distancias de Cook del modelo de regresión múltiple.

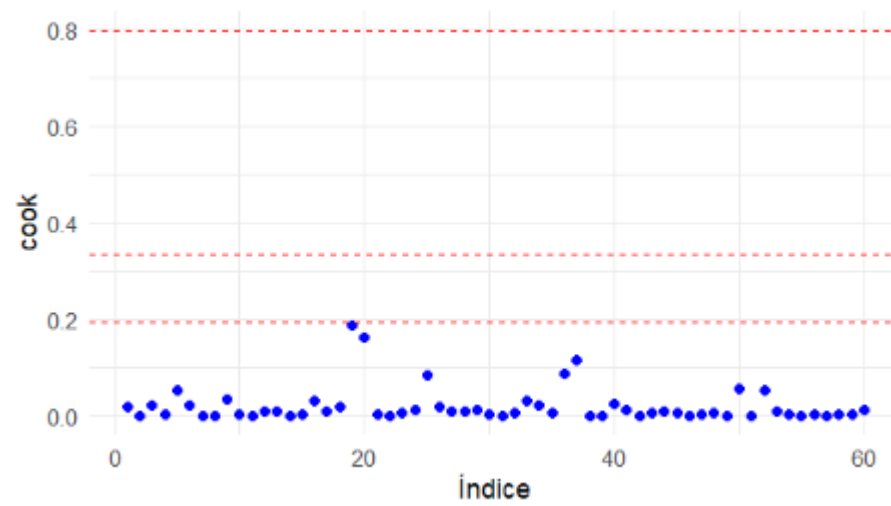


Figura 6.
Cambio en el coeficiente peso.

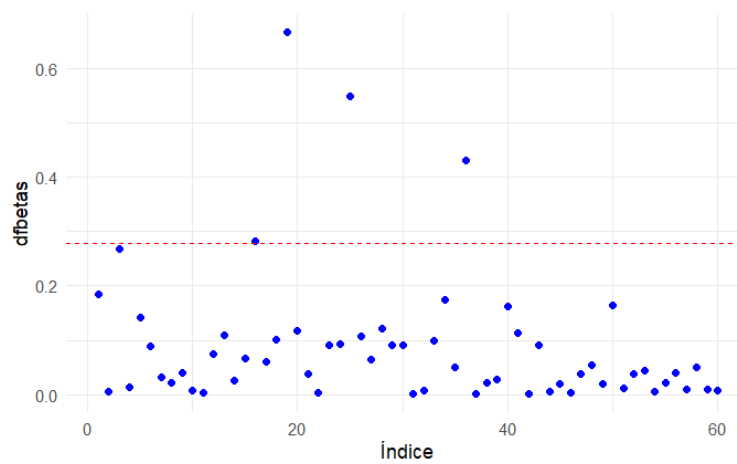


Figura 7.
Cambio en el coeficiente BMI.

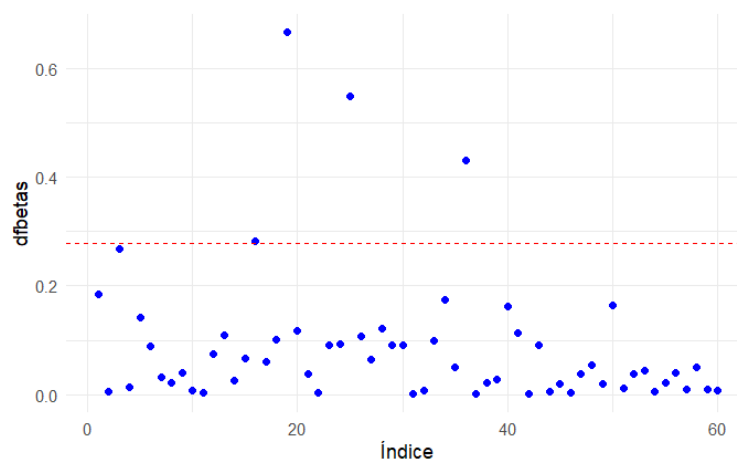


Figura 8.

Cambio en el coeficiente bodyfat.

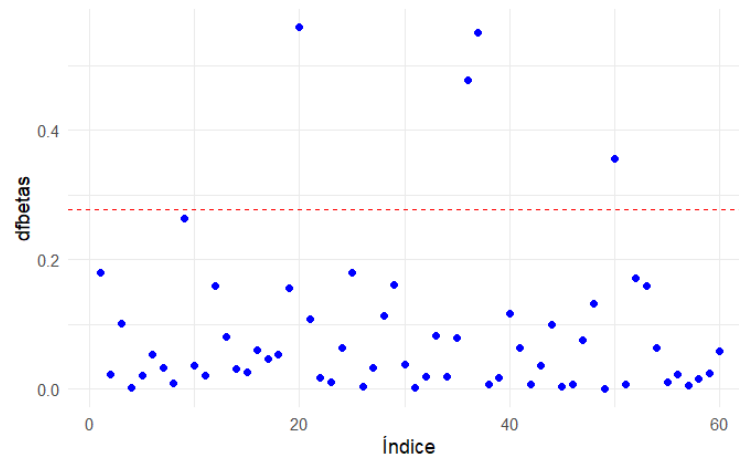
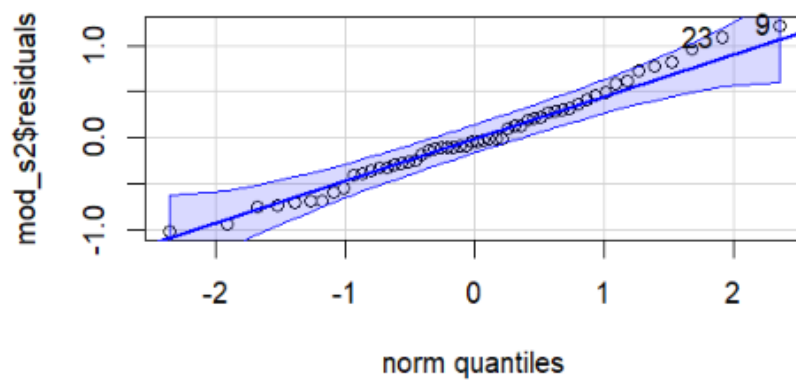


Figura 9.

Residuales contra cuantiles teóricos.



Cuadro 6

Coeficientes estandarizados del modelo final.

Coeficiente de Peso	Coeficiente de bmi	Coeficiente de bodyfat
1.078	-0.489	-0.168