



Caracterización de las curvas Carga-velocidad en atletas de las modalidades de potencia y de resistencia de la Universidad de Antioquia.

Marco Andrey Moreno Monsalve

Trabajo de grado presentado para optar al título de Profesional en Entrenamiento Deportivo

Asesor

Andrés Rojas Jaramillo; Magister (MSc) en fisiología del ejercicio.

Universidad de Antioquia
Instituto Universitario de Educación Física y Deporte
Entrenamiento Deportivo
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita

(Moreno Monsalve, 2023)

Referencia

Moreno Monsalve, M. A., (2023). *Caracterización de las curvas carga-velocidad en atletas de las modalidades de potencia y de resistencia de la Universidad de Antioquia*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)



Grupo de Investigación Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte (GRICAFDE).

Centro de Investigaciones en Ciencias del Deporte (CICIDEP).



Biblioteca Ciudadela Robledo

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Planteamiento del problema	12
1.1 Antecedentes	13
2 Justificación.....	15
3 Objetivos	16
3.1 Objetivo general	16
3.2 Objetivos específicos.....	16
4 Hipótesis.....	17
4.1 Hipótesis nula.....	17
4.2 Hipótesis alterna.....	17
4.3. Variables.....	17
5 Marco teórico	19
5.1 Concepto de Fuerza.....	19
5.2 Curva fuerza-tiempo.....	20
5.3 Curva fuerza velocidad.....	22
6 Metodología	23
6.1 Diseño del estudio.....	23
6.2 Configuración.....	23
6.3 Participantes.....	23
6.4 Criterios de inclusión	24
6.5 Criterios de exclusión.....	24
6.6 Variables.....	24

6.7 Fuentes de datos/medición.	25
6.8 Descripción de la prueba.	25
6.9 Métodos estadísticos	26
7 Resultados	27
8 Discusión	38
9 Conclusiones	40
Referencias	42

Lista de tablas

Tabla 1 datos sociodemográficos	28
Tabla 2 datos descriptivos hombres y mujeres.....	28
Tabla 3 Comparación entre hombres de las dos modalidades (resistencia y potencia).	29
Tabla 4 comparación entre mujeres de las dos modalidades (resistencia y potencia)	30

Lista de figuras

Figura 1 Curva fuerza-tiempo	21
Figura 2 fuerza isométrica.....	21
Figura 3 Diagrama de flujo de los participantes del estudio.....	27
Figura 4 Relación entre modalidades (potencia y resistencia) en el grupo de “hombres”.....	30
Figura 5 Relación entre modalidades (potencia y resistencia) en el grupo de “mujeres”.....	31
Figura 6 Relaciones entre la carga relativa (% 1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 15 atletas hombres de las dos modalidades. Las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010).....	32
Figura 7 Relaciones entre la carga relativa (% 1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 9 atletas hombres de la modalidad de potencia. Cada sujeto es caracterizado por un color en su línea de tendencia, las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010)	33
Figura 8 Relaciones entre la carga relativa (% 1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 6 atletas hombres de la modalidad de resistencia. Cada sujeto es caracterizado por un color en su línea de tendencia, las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010)	34
Figura 9 Relaciones entre la carga relativa (% 1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 5 atletas mujeres de las dos modalidades. Las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010).....	35
Figura 10 Relaciones entre la carga relativa (% 1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 3 atletas mujeres de la modalidad de potencia. Cada sujeto es caracterizado por un color en su línea de tendencia, las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada.	36

Figura 11 Relaciones entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 2 atletas mujeres de la modalidad de resistencia. Cada sujeto es caracterizado por un color en su línea de tendencia, las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010)36

Resumen

La curva carga-velocidad ha sido estudiada en deportistas de diferentes modalidades deportivas y ha demostrado validez y fiabilidad para estimar la carga relativa con la que cada individuo está trabajando. Este estudio tuvo como objetivo Analizar y comparar los valores de la curva carga-velocidad en el ejercicio de sentadilla profunda en atletas de las modalidades de potencia y resistencia del equipo representativo de atletismo de la Universidad de Antioquia. Veinte deportistas (15 hombres, 5 mujeres) realizaron una prueba de carga progresiva para determinar la relación carga-velocidad y estimar su repetición dinámica máxima (1RM). Se analizó la velocidad media propulsiva de la fase concéntrica (VMP) como variable principal. En la modalidad de potencia participaron 12 deportistas (60%); En la modalidad de resistencia participaron 8 deportistas (40%). En el grupo de “hombres” Los valores promedio de VMP ante todas las cargas fueron mayores en la modalidad de potencia; en el grupo de “mujeres” Los valores VMP ante las cargas ligeras (20kg - 50kg) son mayores en la modalidad de potencia. En el RM se halló una superioridad entre subgrupos de potencia y resistencia en los dos grupos principales (hombres y mujeres). se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los grupos de potencia y resistencia, específicamente con 20kg - 40kg. Se estableció el estadístico D de Cohen para determinar el tamaño del efecto en los grupos. Todos los deportistas de ambos grupos presentaron déficit de fuerza ante cargas livianas (>1 m/s). Los hallazgos presentan información valiosa para que el entrenador y el deportista puedan establecer parámetros de referencia y objetivos realistas para maximizar el rendimiento de los atletas.

Palabras clave: curva carga-velocidad, entrenamiento de resistencia, fuerza muscular, rendimiento atlético, sentadilla profunda, rendimiento deportivo.

Abstract

The load-velocity curve has been studied in athletes from different sports modalities, demonstrating its validity and reliability in estimating the relative load at which each individual is working. This study aimed to analyze and compare the values of the load-velocity curve in the deep squat exercise among athletes from the power and endurance modalities of the representative athletics team at the University of Antioquia. Twenty athletes (15 males, 5 females) performed a progressive loading test to determine the load-velocity relationship and estimate their one-repetition maximum (1RM). The mean propulsive velocity of the concentric phase (VMP) was analyzed as the main variable. In the power modality, 12 athletes participated (60%), while in the endurance modality, 8 athletes participated (40%). In the "male" group, the average VMP values across all loads were higher in the power modality; in the "female" group, VMP values for light loads (20kg - 50kg) were higher in the power modality. A superiority was found in 1RM between power and endurance subgroups in both main groups (males and females). Statistically significant differences ($P < 0.05$) were found between the power and endurance groups, specifically with 20kg - 40kg. Cohen's D statistic was calculated to determine the effect size in the groups. All athletes in both groups exhibited force deficits with light loads (>1 m/s). These findings provide valuable information for coaches and athletes to establish reference parameters and realistic goals to maximize athletes' performance.

Keywords: load-velocity curve, resistance training, muscular strength, athletic performance, deep squat, sports performance.

Introducción

La evaluación y control de la fuerza tiene como objetivo proporcionar información constante a cerca del estado de rendimiento físico-técnico del deportista y del trabajo realizado en un periodo de tiempo. Así, los efectos producidos por éste permiten tomar decisiones claras con base en estado actual del deportista (González y Ribas 2019).

Tradicionalmente, la Evaluación de la fuerza se ha realizado mediante el test de 1RM o nRM, sin embargo, los inconvenientes presentes a la hora de realizar este test han llevado a diferentes autores a optar por otras estrategias para solventar esta problemática (Kraemer, W. J. y Fleck, S. J. 2019, González B., J. y Gorostiaga, A. E. 2002, González B., J. y Ribas, J. 2003); En este sentido, se ha perfeccionado en los últimos años un nuevo paradigma de fuerza que se basa en una relación íntima entre la velocidad media propulsiva con la que se desplaza una carga (MVP) y la intensidad relativa que esta representa (%1RM) (González y Sánchez 2010), lo que significa poder procesar objetivamente no solo los valores de fuerza dinámica ante una carga máxima, sino también, los valores de fuerza máxima ante cargas más bajas, observando la velocidad en la que un sujeto puede mover un peso absoluto dada de forma válida, fiable, reproducible, económica y segura mediante el control de la velocidad de ejecución reflejada en una curva carga velocidad. (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Sánchez et al., 2017;).

Esta relación entre la intensidad relativa de la carga y la velocidad con la que se desplaza la barra se representa en un plano cartesiano en el que una curva hiperbólica hace referencia a la relación entre estas dos magnitudes, este esquema tiene como nombre curva carga-velocidad y puede estar dada por un test de aumento progresivo de las cargas (%RM) donde se desplaza una carga a diferentes velocidades enmarcadas en diversas variables determinantes como lo es la velocidad media propulsiva alcanzada en la fase concéntrica (VMP); esta variable permite predecir con mayor exactitud la carga relativa y observar el verdadero potencial neuromuscular de un atleta cuando se estén desplazando cargas medias, bajas o altas las cuales se ejecutan a gran velocidad. (Martínez Cava. 2015).

Cabe resaltar que estas variables son inversas en su manifestación, presentan su propio comportamiento y pueden variar por factores como la edad, el género, el nivel de condición física, el ejercicio realizado, la técnica de ejecución y la modalidad deportiva, así que es posible que con

el tiempo el deportista muestre cambios en el comportamiento motriz además de la evolución de los valores registrados en la curva en cada momento del proceso de entrenamiento. (González-Badillo y Ribas-Serna 2019). Lo cual podría ser reproducible en las modalidades evaluadas como lo son carreras de fondo, de velocidad, saltos y lanzamientos.

Sin embargo, es probable que puedan existir pequeñas diferencias en el perfil Fuerza carga - Velocidad entre diferentes modalidades deportivas e incluso entre deportistas de la misma modalidad pero con diferente nivel de rendimiento por lo que este trabajo tiene como objetivo observar y analizar el comportamiento de la curva carga-velocidad en atletas universitarios pertenecientes al equipo representativo de la universidad de Antioquia de las modalidades de resistencia y de potencia, donde se pretende que cada deportista logre la máxima velocidad posible ante cada carga determinada.

1 Planteamiento del problema

Diferentes investigaciones realizadas sobre el entrenamiento de fuerza basado en la velocidad (VBRT), datan que existe una relación estrecha entre la velocidad de ejecución y la intensidad relativa de la carga (González, et al., 2017), por tal razón, se pueden predecir los valores máximos dinámicos (%1RM) con diferentes cargas al ejecutar ejercicios como press de banca, sentadilla y peso muerto mediante el perfil de fuerza-velocidad; el cual, permite dosificar el entrenamiento y evaluar su efecto a través del tiempo. Este conocimiento nos ha permitido realizar la predicción de los índices de fuerza explosiva. Además, de poner en contraposición el paradigma tradicional de la medición de la fuerza mediante la prueba (1RM) O (XRM) ya que se le ha encontrado diferentes aspectos y detalles que pueden influir en la objetividad de estas mediciones, como lo son:

- a. El 1RM puede fluctuar con el tiempo dependiendo del estado de entrenamiento del deportista, así, si se realiza la medición en una persona poco entrenada, este valor aumentará notablemente en pocos días, por lo que se estaría trabajando con un índice menor en el 1RM aplicado, así mismo, si no se tiene control de una posible carga relativa máxima en momentos de fatiga del deportista, estaremos aplicando una carga mucho mayor al valor de 1RM medido, esto se traduciría en obtener diferentes efectos de entrenamiento a los programados, lo cual nos daría datos erróneos del proceso.
- b. *“Los RMs son falsos siempre que el sujeto alcance velocidades superiores a la velocidad propia del 1RM del ejercicio”* (González et al., 2017), al tener en cuenta esto, el 1RM se puede ver subestimado en su aplicación.
- c. El porcentaje de 1RM no es igual en todos los ejercicios, ya que además de tener en cuenta la carga del ejercicio, también hay que tener en cuenta el movimiento que se realiza en este, lo cual, es un aspecto que determina el valor del 1RM medido.
- d. La medición de 1RM por parte de los evaluadores y los deportistas requiere mucho tiempo y esfuerzo, además, al tener que movilizar cargas máximas en los diferentes ejercicios puede ser un factor lesivo.

Teniendo en cuenta la información anterior, es importante analizar el perfil de fuerza-velocidad en función de la modalidad deportiva practicada, considerando que con los resultados de esta investigación se podría caracterizar, mediante los valores de control a los atletas y su desarrollo deportivo durante cada fase de entrenamiento, de manera que, al tener datos objetivos de los índices

de fuerza se puede programar el entrenamiento cada día con tal de lograr los efectos esperados en el deportista. Además, servirían como base fundamental para reconocer posibles requerimientos en la fuerza aplicada en los corredores de las especialidades de resistencia y de potencia (carreras, saltos y lanzamientos) de la universidad de Antioquia, proporcionando así, soportes de mediciones para futuras investigaciones.

Por lo anterior surge la pregunta que este trabajo pretende responder: ¿cómo se caracteriza el perfil carga-velocidad en deportistas de resistencia y de potencia pertenecientes al equipo representativo de atletismo de la universidad de Antioquia?

1.1 Antecedentes

Para empezar a hablar sobre VBRT, es preciso comenzar con un estudio realizado por González-Badillo, J., y Sánchez-Medina, L. (2010). En el cuál, se halló una relación importante entre la velocidad media propulsiva (MVP) y la carga (%1RM) en el ejercicio de Press de banca, Este estudio comienza con la determinación de la curva fuerza-velocidad en una prueba de fuerza isoinercial con 120 deportistas. Después de esto se realiza una intervención de 6 semanas de entrenamiento, y al final, se realiza la misma prueba inicial con un subconjunto de 56 deportistas y se observa que a pesar de haber aumentado su rendimiento un 9,3%, la relación entre la VMP y la carga (%1RM) seguía teniendo aproximadamente los mismos valores. Con lo anterior, se determinó la posibilidad de utilizar la velocidad de movimiento como indicador de la carga relativa, lo que se traduce en poder evaluar la fuerza de un deportista sin tener que realizar una prueba de 1RM o de XRM.

Posteriormente, (Sánchez medina; Pallares et al, 2017) confirmarían esta hipótesis al analizar la velocidad con la que se desplaza la barra en el ejercicio de sentadilla en 80 deportistas con experiencia en entrenamiento de fuerza de distintas modalidades (hockey, voleibol, atletismo y lucha olímpica). Se realizó una prueba de carga progresiva, con el cual se analizaron las variables de velocidad media, velocidad media propulsiva y velocidad pico, con este análisis se amplía la conclusión del trabajo anterior al confirmar la posibilidad de determinar la intensidad de la carga utilizada mediante la velocidad de desplazamiento de la barra, además de poder observar y comparar los cambios en el perfil carga-velocidad de diferentes tipos de atletas y modalidades.

En una línea paralela de investigación sobre VBRT, (Rodríguez 2017) Realizó un estudio cuyo objetivo fue analizar el efecto agudo sobre el estrés hormonal, la respuesta mecánica y los cambios en la actividad eléctrica muscular producido por distintos tipos de esfuerzo muscular enmarcados en la velocidad de la primera repetición y en la pérdida de velocidad de cada serie. 21 participantes se dividieron en dos grupos: un grupo realizaba press de banca y la otra sentadilla profunda, a cada grupo se les asignó 16 protocolos de entrenamiento distintos. y con esto se midieron saltos, concentración de lactato y la MVP. Al final se encontraron altas correlaciones entre el índice de esfuerzo y los cambios en las variables mecánicas; con lo que se encontró la posibilidad que basarse en la velocidad de la primera repetición de la serie (como factor de intensidad) y la pérdida de velocidad que tiene respecto a las demás repeticiones de la misma serie (como factor de volumen), para la determinación del grado de esfuerzo en el entrenamiento de fuerza.

Por otro lado, se puede resaltar la investigación realizada por (Pareja-Blanco et al., 2017). Donde analizó los efectos de 2 programas de entrenamiento de fuerza en 16 futbolistas profesionales, los cuales, se dividieron en 2 grupos y realizaron un entrenamiento basado en la velocidad de ejecución en el ejercicio de sentadilla durante 6 semanas; el grupo uno realizó la intervención perdiendo un 15% de velocidad en la serie y el grupo dos, la realizó perdiendo un 30% de velocidad. Con los resultados obtenidos, se observó que los dos programas de entrenamiento tuvieron efectos positivos en el Yo-Yo Intermittent Recovery Test (YIRT); sin embargo, el programa de entrenamiento basado en la pérdida de velocidad del 15% en la serie tuvo mejores resultados en la altura del CMJ, en el 1RM y en la velocidad media propulsiva (MVP) comparado con el programa basado en la pérdida de velocidad del 30%. Conforme a esto, este estudio es de gran relevancia ya que nos habla de la mejora del rendimiento neuromuscular con programas de fuerza basados en un bajo porcentaje de pérdida de velocidad en la serie.

Por otra parte, (Marín et al., 2022). Confirmaron estos conceptos con una revisión sistemática, en la que realizaron el análisis de 22 documentos; después de su respectiva selección, donde se evaluó los efectos de VBRT en 1-RM, CMJ, pérdida de velocidad en la serie y rendimiento de sprint, se concluyó que VBRT es una alternativa válida para mejorar el rendimiento en la fuerza muscular, principalmente 1RM, CMJ y rendimiento en el sprint. Además, no es necesario llegar al fallo muscular para obtener mejoras en el rendimiento y, por ende, es posible adquirir óptimas adaptaciones al ejercicio con cargas livianas que produzcan menos fatiga.

2 Justificación

El conocimiento profundo de la curva fuerza-velocidad en este grupo de individuos podría proporcionar información valiosa para que el entrenador o el deportista identifiquen sus fortalezas y áreas de mejora, en adición, podría permitir identificar las capacidades individuales, el umbral de carga o intensidad óptimo, establecer parámetros de referencia y objetivos realistas para maximizar el rendimiento de los atletas. Asimismo, los resultados obtenidos podrían sentar las bases para investigaciones futuras y contribuir al conocimiento científico en el campo del entrenamiento deportivo a nivel nacional, más específicamente en el ámbito universitario., brindando información valiosa para el desarrollo de estrategias de entrenamiento más eficientes y efectivas.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Analizar la curva carga - velocidad mediante el ejercicio de sentadilla profunda en atletas de las modalidades de potencia y resistencia pertenecientes al equipo representativo de atletismo de la Universidad de Antioquia.

3.2 Objetivos específicos

Comparar la curva carga - velocidad entre las modalidades de potencia y resistencia realizadas por los deportistas pertenecientes al equipo representativo de atletismo de la Universidad de Antioquia.

4 Hipótesis

4.1 Hipótesis nula

Ho1: La curva carga-velocidad no tiene diferencias estadísticamente significativas entre los deportistas hombres pertenecientes al equipo representativo de la Universidad de Antioquia de las modalidades de potencia y de resistencia.

Ho2: La curva carga-velocidad no tiene diferencias estadísticamente significativas entre las deportistas mujeres pertenecientes al equipo representativo de la Universidad de Antioquia de las modalidades de potencia y de resistencia.

4.2 Hipótesis alterna.

Ha1: La curva carga-velocidad tiene diferencias estadísticamente significativas entre los deportistas hombres pertenecientes al equipo representativo de la Universidad de Antioquia de las modalidades de potencia y de resistencia.

Ha2: La curva carga-velocidad tiene diferencias estadísticamente significativas entre las deportistas mujeres pertenecientes al equipo representativo de la Universidad de Antioquia de las modalidades de potencia y de resistencia.

4.3. Variables.

- Velocidad media: Esta variable hace referencia a la velocidad media de ejecución durante la fase concéntrica de cada repetición.
- Velocidad media propulsiva: Esta variable es la velocidad media propulsiva durante la fase concéntrica de cada repetición.
- Velocidad máxima: Es la velocidad máxima o pico de velocidad alcanzada durante la fase concéntrica de cada repetición.

- Índice de Masa Corporal: Es el resultado del producto entre el peso y la altura elevada al cuadrado.
- Peso: Esta variable es la masa corporal de los sujetos.
- Talla: Es la estatura de los sujetos medidos de pie.
- Edad: Hace referencia a la longevidad de los sujetos medida en años.

5 Marco teórico

5.1 Concepto de Fuerza

Al hablar de fuerza, lo primero que se aborda en la aplicación conceptual es el termino propuesto por la física que se expresa como masa por aceleración, se representa con la formula ($F=m \times a$) y tiene como unidad de medida el newton (N). Está claro que esta terminología es irrefutable y clara, además, que históricamente ha contribuido con la proyección de diversos aportes científicos, pero, aunque es acogida en el entorno de la ciencia, esta no deja en claro el entendimiento global de las reacciones que a nivel fisiológico se generan y que son importantes en el ámbito del entrenamiento deportivo.

Por lo tanto, se pretende encontrar una definición más específica y acertada al deporte; al empezar por el concepto que propone Manso et al., (1996) el cual define la fuerza como la capacidad de un sujeto de soportar o vencer una resistencia externa, como consecuencia de una contracción muscular, esta definición de carácter fisiológico es similar a la que propone Badillo, J. J. G., y Ayestarán, E. G. (2002) quienes entienden este término como: “la capacidad que tiene el musculo de producir tensión”. En un primer momento, estos conceptos son muy útiles al tener en cuenta la acción del musculo como principal elemento en la producción de fuerza. Paralelamente a esto, y desde un aspecto mecánico, Sánchez, et al (2017). definen la fuerza como la capacidad que tiene un musculo de deformar un cuerpo, modificar en él la aceleración, el cambio de dirección o cambiar la velocidad con que se desplaza. Referencia base para la teoría de fuerza en el deporte, ya que abarca términos de desplazamiento y aceleración.

Un complemento perfecto para este concepto en el ámbito deportivo es el que propone Manso et al; (1996) al expresar la fuerza como “capacidad de tensión que puede generar cada grupo muscular a una velocidad específica de ejecución”, si nos detenemos en esta definición, observamos que en ella se manifiestan aspectos fisiológicos que desencadenan en un aspecto de movimiento relacionado con el gesto deportivo y la velocidad en la que se ejecuta, semejante al concepto de fuerza útil dado por González J. (2019) Definida como “la capacidad que tiene un individuo de aplicar fuerza a la velocidad que se aplica el gesto deportivo”.

Acorde a esto, la fuerza debe de estar orientada hacia el objetivo del deportista y del proceso del entrenamiento, por lo tanto, debería tener un papel fundamental en el rendimiento partiendo de

un desarrollo correcto de esta capacidad y no permitir que se convierta en un aspecto que genere efectos negativos, pues como dice Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002) “solo un trabajo mal orientado en el que se busque la fuerza por sí misma sin tener en cuenta las características del deporte, puede influir negativamente en el rendimiento específico”.

Acercándonos entonces, a la manera más contemporánea de explorar el termino en cuestión (González J. 2019) recoge la información de los avances anteriores, y entiende como definición final, la fuerza desde dos ópticas; a saber, desde la mecánica y desde la fisiología; la primera enfocada sobre el efecto externo producto de la acción muscular, la segunda es la tensión generada por el músculo con relación o no de una resistencia externa, además, que se da a nivel interno. En cualquiera de los dos casos en el músculo se produce una deformación, esto se traduce en el grado de estrés generado en él cuando las cargas intentan deformar las moléculas que constituyen el tejido. concibiendo una sola manera de manifestación de fuerza la cual llamo Fuerza aplicada definida cómo: “la interacción entre la fuerza interna y la fuerza externa”.

Esta definición muestra un enfoque fundamental para el deporte, al concebir que el rendimiento deportivo está determinado por la velocidad y el tiempo en el que se aplica la fuerza ya sea para desplazarse en el espacio o para mover una carga externa entorno a un objetivo. Por ende, el objetivo fundamental de todos los deportistas, en todos los deportes para lograr el rendimiento deportivo, sería aplicar cada vez más fuerza ante una carga absoluta a la mayor velocidad posible.

5.2 Curva fuerza-tiempo.

La Fuerza y el tiempo pueden actuar como dos variables que expresadas en dos ejes con coordenadas (eje x y eje Y), las cuales, analizadas desde el punto de inicio de la generación de fuerza hasta el punto final máximo alcanzado por esta, se le denomina curva fuerza-tiempo (C.f-t), esta relación está inmersa en todas las especialidades deportivas, ya que, cada acción de juego depende de un tiempo específico para realizarla, esta relación existente entre la aplicación de fuerza y el tiempo disponible para hacerlo es definido por (Badillo 2019) como: “tasa de producción de fuerza” (RFD), la cual puede ser medida en todos los puntos de su curva.

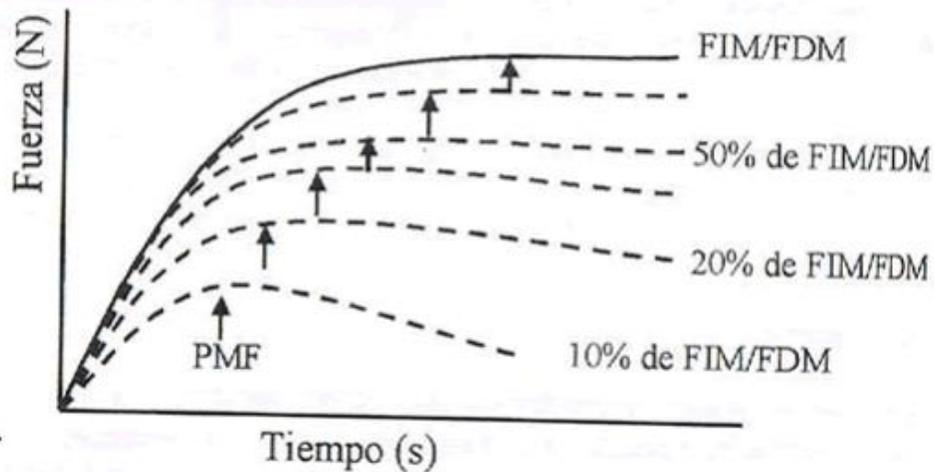


Figura 1 Curva fuerza-tiempo

En la gráfica anterior observamos el pico máximo de fuerza (PMF) ante diferentes cargas absolutas, lo que quiere decir que el comportamiento de cada pico máximo es diferente y dependiente de la carga que se movilice en una acción dinámica como el gesto deportivo, por lo tanto, en los valores de cargas livianas el grado de tensión muscular que se produce es menor comparándolo con una carga máxima o con una acción de carácter isométrico en donde la producción de fuerza puede llegar al pico máximo absoluto de esta capacidad.

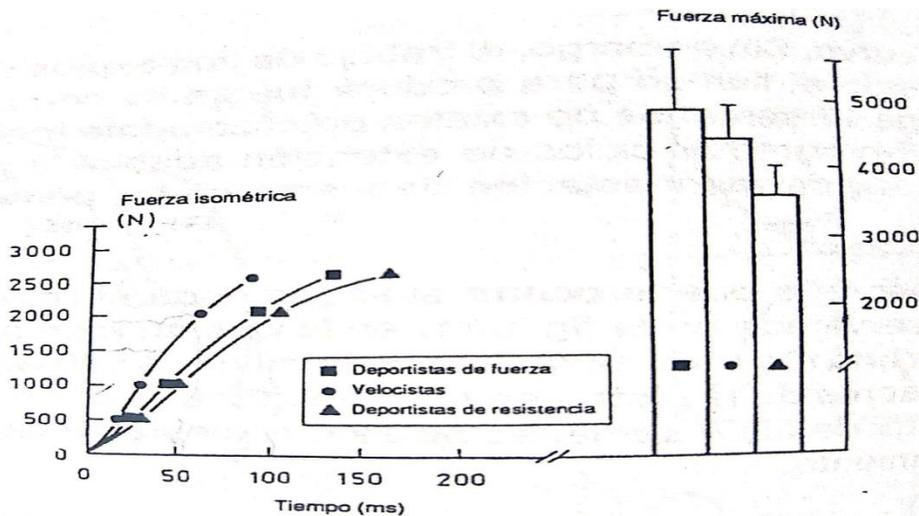


Figura 2 fuerza isométrica

En la figura anterior se puede observar diferentes deportistas clasificados como de velocidad, de fuerza y de resistencia mostrando el comportamiento de la curva fuerza-tiempo respecto a la aplicación de fuerza que realizan. Podemos distinguir principalmente las características de los atletas de velocidad y de resistencia, en los cuales vamos a basar esta investigación; las características de estos deportistas son muy diferentes frente a estas dos variables, pues como se puede ver, los atletas de resistencia muestran una aplicación máxima de fuerza mucho menor a los deportistas de velocidad; además, en la orientación de la curva estos últimos aplican el mismo índice de fuerza que los deportistas de resistencia, pero en menos tiempo, lo que quiere decir que desde un punto tipológico de las fibras musculares, los deportistas de velocidad presentan un mayor reclutamiento de fibras rápidas en su producción de fuerza. Esto es esencial, pues Según Ibáñez, J. A. (2015) “el entrenamiento debe de ir enfocado a mejorar la capacidad de manifestar más fuerza en menos tiempo”.

5.3 Curva fuerza velocidad

Es una curva hiperbólica que referencia la relación entre estas dos magnitudes, las cuales son inversas en su manifestación, y presentan su propia característica según el gesto deportivo aplicado. La curva fuerza-velocidad se puede medir por el aumento progresivo de las cargas que naturalmente se desplazan a diferentes velocidades.

Es posible que con el tiempo el deportista cambie su curva carga-velocidad con el entrenamiento, así, la mejora de esta curva depende de la velocidad en la que se entrene, si se entrena en una zona que represente un porcentaje mayor de cargas altas, el efecto del entrenamiento se fijará en esa zona de la curva, igualmente si se enfoca el entrenamiento en trabajar en una zona con cargas ligeras, donde predomine la velocidad, los efectos del entrenamiento mejoraran en esa zona de la curva. La curva f-v puede dar información acerca de la fatiga generada por el entrenamiento o por una competición, además nos muestra los cambios en el comportamiento motriz y la evolución del deportista en cada momento del proceso de entrenamiento.

6 Metodología

6.1 Diseño del estudio.

El presente estudio, es un estudio cuantitativo por la manipulación de las variables; por el grado de manipulación las variables y los objetivos del estudio es observacional; por el enfoque del análisis de los datos la investigación es en parte inferencial. Por último, la investigación es de corte transversal, ya que se analizan los datos en un solo momento.

6.2 Configuración.

Para el presente estudio se convocó a los integrantes de la selección de atletismo de la Universidad de Antioquia de las modalidades de potencia (lanzamientos, velocidad y saltos) y resistencia (marcha y carreras de larga distancia) que desearan participar en el estudio, se citaron el miércoles 24 de marzo del 2023 a las 6:00 a.m. en el salón de levantamiento de pesas de la Universidad de Antioquia. Al llegar, los participantes recibieron orientaciones sobre la intervención y los aspectos a tener en cuenta en el procedimiento que se iba a realizar; luego, se hizo un calentamiento de 5 minutos en el cual, el deportista debió trotar 5 minutos en superficie plana a baja intensidad, al término de esta, el deportista realizó 10 sentadillas profundas con autopeso y 5 cinco saltos con contramovimiento (CMJ) una vez finalizado este calentamiento los deportistas firmaron el consentimiento informado y se inició el proceso de evaluación el cual constó, en un primer momento con la toma de datos como peso y estatura, y luego, la realización de la curva carga-velocidad en sentadilla profunda con peso libre. Estos resultados fueron recopilados en una tabla de Microsoft Excel 2021, para analizar posteriormente en los Software JAMOVI.

6.3 Participantes.

En este estudio se emplea un muestreo no probabilístico, la muestra fue elegida a conveniencia del investigador o por disponibilidad de los sujetos. El estudio se realizó con 20 individuos, hombres (H= 15) y mujeres (M= 5), velocistas, lanzadores, saltadores y fondistas

pertenecientes a la selección de atletismo de la Universidad de Antioquia, con edades entre los 18 y 35 años.

6.4 Criterios de inclusión

- Pertenecer a la selección de atletismo de la Universidad de Antioquia.
- Tener más de 2 años practicando la modalidad deportiva.
- Tener entre 18 y 35 años.
- Ser sano (no tener lesiones osteomusculares)
- Estar activo (entrena más de 3 veces a la semana)
- Firmar el consentimiento informado
- Estar altamente familiarizados con los ejercicios de sentadilla profunda.

6.5 Criterios de exclusión

- Tener algún impedimento de salud que limite la práctica deportiva.
- Uso de sustancias psicoactivas.
- Uso de alcohol.
- Uso de sustancias dopantes.
- Sujetos que sufran lesiones en el transcurso del estudio.
- Sujetos que no firmen el consentimiento informado.

6.6 Variables.

- Velocidad media: Esta variable hace referencia a la velocidad media de ejecución durante la fase concéntrica de cada repetición.
- Velocidad media propulsiva: Esta variable es la velocidad media propulsiva durante la fase concéntrica de cada repetición.
- Velocidad máxima: Es la velocidad máxima o pico de velocidad alcanzada durante la fase concéntrica de cada repetición.
- Índice de Masa Corporal: Es el resultado del producto entre el peso y la altura elevada al cuadrado.
- Peso: Esta variable es la masa corporal de los sujetos.
- Estatura: Es la estatura de los sujetos medidos de pie.
- Edad: Hace referencia a la longevidad de los sujetos medida en años.

6.7 Fuentes de datos/medición.

- Velocidad media, velocidad media propulsiva y velocidad máxima: Estas variables son medidas durante la ejecución de la sentadilla profunda, el instrumento de medición es un transductor de velocidad lineal, este mide la velocidad en cada milisegundo de movimiento, además hace un procesamiento de estos datos para ser analizados instantáneamente.
- Peso: Se utiliza una báscula digital de la marca sport fitness, para esta medición se les indica a los sujetos que se suban a la báscula sin ninguna prenda u objeto innecesario que pueda aumentar la masa.
- Estatura: Para esta variable se utiliza un tallímetro de pared, para realizar la medición se les solicita a los deportistas estar descalzos y pararse de espaldas contra la pared, teniendo contacto en talón, glúteos, escápula y cráneo.
- Edad: Para esta medición se realiza una verificación del documento de identidad de los participantes.

6.8 Descripción de la prueba.

Esta prueba se realizó mediante la ejecución de sentadilla profunda en barra libre, el cual fue utilizado para medir la curva carga - velocidad. Para su realización, los participantes partieron desde una posición de pie, con las rodillas y las caderas totalmente extendidas, los pies paralelos con una separación entre ellos similar a la anchura de los hombros, y con la barra colocada por detrás de la cabeza apoyada sobre la parte superior de la espalda. A partir de esta posición, se realizó una flexión profunda de las piernas, hasta que la parte posterior del muslo tome contacto con la parte posterior de la pierna, pasando a continuación a la extensión inmediata y completa de las piernas. A diferencia de la velocidad de bajada (fase excéntrica), la cual se realizó a una velocidad controlada ($\sim 0.50-0.65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), se les pidió a los participantes que ejecutaran la fase de

subida (fase concéntrica) a la máxima velocidad posible en cada repetición. Se controló estrictamente que los participantes para que no saltaran ni despegaran la barra del cuello al final del recorrido concéntrico.

La carga inicial de la prueba se estableció en 20 kg para todos los participantes y se incrementó progresivamente de 10 en 10 kg hasta que la VMP obtenida durante la fase concéntrica del movimiento fue inferior o aproximada a 0.60 m·s⁻¹. Durante la prueba, se realizaron 3 repeticiones con cargas bajas (VMP > 1.10 m·s⁻¹) y dos con cargas medias. El tiempo de recuperación entre series fue de 3 minutos.

6.9 Métodos estadísticos

Para comprobar la normalidad de la distribución en cada una de las variables se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. La media y la desviación típica (dt) se calculó mediante métodos estadísticos estandarizados. Se calculó el intervalo de confianza del 95 %. Este modelo es el más exigente, ya que tiene en consideración las diferencias entre las medias de las puntuaciones. Se aplicó una ecuación polinómica de segundo grado para analizar la relación entre la intensidad relativa (% 1RM) y la velocidad de ejecución. La diferencia entre grupos se calculó utilizando un ANOVA multifactorial. Y el tamaño del efecto se calculó mediante la D de Cohen.

Se tuvo en cuenta las siguientes variables de confusión:

- Peso (kg). Hace referencia a la masa de los sujetos.
- estatura (cm). Estatura de una persona, medida desde la planta del pie hasta el vértice de la cabeza.
- Índice de masa corporal (IMC). Relación entre el peso y la altura.
- Experiencia deportiva (años y meses). El tiempo en el cual los sujetos llevan entrenando una modalidad deportiva específica.

Para poder controlar otras variables de confusión, como son la alimentación, el sueño y la motivación, se realizaron las siguientes recomendaciones:

1. Que los deportistas siguieran una dieta normo-calórica
2. Comer lo que normalmente comen y mínimo tres comidas al día durante la semana previa a la realización de la prueba.
3. Que los deportistas durmieran mínimo ocho horas diarias.

7 Resultados

En este trabajo participaron 20 deportistas del equipo representativo de atletismo de la universidad de Antioquia 12 de ellos (60%) pertenecientes a las modalidades de potencia (lanzamientos, velocidad y saltos) y 8 de ellos (40%) pertenecientes a la modalidad de resistencia, los cuales firmaron el consentimiento informado y estuvieron en óptimas condiciones para realizar todas las pruebas del estudio, cada uno cumplió con los criterios de inclusión y no presentaron inconvenientes durante la intervención. No hubo pérdida de participantes y de datos entre las fases del estudio. En la figura 3 se presente la gráfica de diagrama de flujo según la iniciativa STROBE.

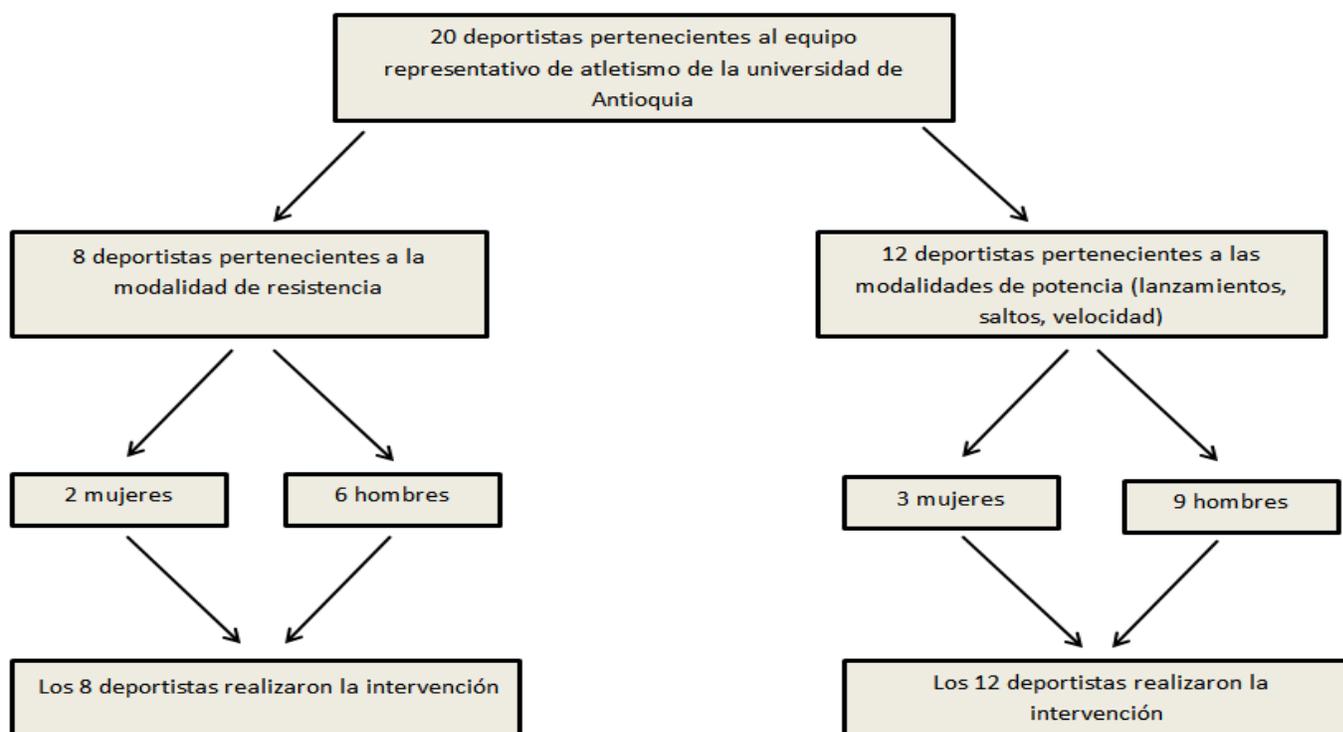


Figura 3 Diagrama de flujo de los participantes del estudio.

En la Tabla 1 se muestran los valores promedio y de desviación estándar de los datos sociodemográficos de: edad, peso, estatura, índice de masa corporal (IMC) de los deportistas que participaron en el estudio; divididos en los grupos evaluados: mujeres resistencia, mujeres potencia, hombres resistencia, hombres potencia. El mayor promedio de edad se obtuvo en el grupo de las “mujeres potencia”, ya que en este grupo se encontraba la deportista con mayor edad del

estudio (33). El deportista de menor edad en el estudio pertenece al grupo de "hombres potencia" (18).

Tabla 1 datos sociodemográficos

	EDAD \bar{X} (DS)	PESO \bar{X} (DS)	TALLA \bar{X} (DS)	IMC \bar{X} (DS)
MUJERES	26.0 (6,6)	61.0 (7,5)	167.0 (3,6)	21,9 (3,1)
POTENCIA				
MUJERES	21.0 (1,4)	60.0 (17,0)	168.0 (9,9)	21,0 (0,4)
RESISTENCIA				
HOMBRES	21.8 (3,0)	68.7 (5,4)	177.2 (7,2)	21,8 (1,5)
POTENCIA				
HOMBRES	25.7 (7,0)	68.7 (5,0)	173.8 (6,4)	22,8 (1,8)
RESISTENCIA				

\bar{X} : Promedio (DS): desviación estándar

	20KG \bar{X} (DS) [IC]	30KG \bar{X} (DS) [IC]	40KG \bar{X} (DS) [IC]	50KG \bar{X} (DS) [IC]	60KG \bar{X} (DS) [IC]	70KG \bar{X} (DS) [IC]	80KG \bar{X} (DS) [IC]	90KG \bar{X} (DS) [IC]	100KG \bar{X} (DS) [IC]	110KG \bar{X} (DS) [IC]	120KG \bar{X} (DS) [IC]	RM \bar{X} (DS) [IC]
MUJERES POTENCIA	1.23 (0,09) [1,00-1,45]	1.12 (0,10) [0,882-1,36]	0.95 (0,16) [0,565-1,34]	0.81 (0,14) [0,455-1,16]	0.61 (0,25) [-0,0182-1,24]	0,76	0,63					76.91 (17,7) [32,8-121]
MUJERES RESISTENCIA	0.82 (0,00) [0,820-0,820]	0.66 (0,01) [0,591-0,719]	0.50 (0,06) [-0,00825-1,01]	0,36								47.26 (0,42) [-3,81-98,3]
HOMBRES POTENCIA	1.52 (0,02) [1,38-1,67]	1.39 (0,02) [1,27-1,51]	1.26 (0,02) [1,13-1,39]	1.14 (0,01) [1,02-1,25]	1.00 (0,02) [0,860-1,14]	0.84 (0,02) [0,667-1,01]	0.75 (0,01) [0,620-0,870]	0.65 (0,02) [0,490-0,810]	0.66 (0,02) [0,147-1,17]	0.60 (0,01) [-0,458-1,68]	0,57	104.15 (20,2) [88,7-120]
HOMBRES RESISTENCIA	1.27 (0,02) [1,07-1,47]	1.11 (0,02) [0,899-0,200]	1.01 (0,02) [0,785-0,209]	0.98 (0,01) [0,804-0,141]	0.85 (0,02) [0,629-0,175]	0.70 (0,02) [0,445-0,202]	0.63 (0,02) [0,316-0,196]	0.45 (0,01) [-0,762-0,134]				82.37 (19,5) [61,9-103]

Tabla 2 datos descriptivos hombres y mujeres

En la tabla 2 se pueden observar los valores promedio, de desviación estándar e intervalo de confianza de los subgrupos de "hombres potencia", "hombres resistencia" y "mujeres potencia", "mujeres resistencia" según la velocidad de desplazamiento ante cada carga absoluta. En el grupo de "hombres" Los valores medios de velocidad media propulsiva ante todas las cargas son mayores en el subgrupo de "hombres potencia" y en el grupo de "mujeres" Los valores medios de velocidad

media propulsiva ante las cargas ligeras (20kg,30kg,40kg,50kg) son mayores en el subgrupo “mujeres potencia” incluso, haciendo 3 cargas más en promedio las de potencia que las de resistencia. En el RM se halló una superioridad entre grupos de potencia y resistencia en los dos grupos principales (hombres y mujeres).

Al comparar los sujetos hombres de las modalidades de resistencia y de potencia. Se analizó las diferencias entre medias donde la mayor diferencia se dio con cargas de 30kg y la menor diferencia se dio con cargas del 80kg. Así mismo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de potencia y resistencia, específicamente con 20kg, 30kg, y 40kg; además, realizó la prueba D de Cohen para analizar el tamaño del efecto, en el cual se muestra un tamaño del efecto muy grande en los valores que van desde 20kg hasta 60% RM; 90kg y el RM. Se muestra un tamaño del efecto grande en la variable de 60kg y un tamaño del efecto moderado en 70kg y 80kg . (tabla 3).

En la tabla 4 Se comparó los sujetos del grupo “mujeres” de las modalidades de resistencia y de potencia. Se analizó las diferencias entre medias, la prueba D de Cohen para analizar el tamaño del efecto, allí, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos con cargas ligeras (“20kg hasta 40kg) y el tamaño del efecto fue muy grande en todas las variables.

Intervalo de Confianza al 95%									
	Estadístico	gl	P	Diferencia de medias	EE de la diferencia		Tamaño del Efecto	Inferior	Superior
20	2.53	13.00	0.025	0.252	0.0998	d de Cohen	1.332	0,0867	2,52
30	3.10	13.00	0.008	0.283	0.0911	d de Cohen	1.635	0,3051	2,9
40	2.59	13.00	0.022	0.256	0.0988	d de Cohen	1.367	0,1124	2,56
50	1.94	12.00	0.076	0.157	0.0808	d de Cohen	1.081	-0,1567	2,27
60	1.53	12.00	0.152	0.152	0.0991	d de Cohen	0,854	-0,3368	2
70	1.17	12.00	0.263	0.141	0.1198	d de Cohen	0,655	-0,5016	1,77
80	1.16	10.00	0.272	0.118	0.1010	d de Cohen	0,713	-0,5649	1,94
90	1.67	6.00	0.145	0.205	0.1224	d de Cohen	1.367	-0,484	3,12
RM	2.08	13.00	0.058	21.780	104.928	d de Cohen	1.094	-0,0922	2,23

Tabla 3 Comparación entre hombres de las dos modalidades (resistencia y potencia).

Intervalo de Confianza al 95%									
Estadístico	gl	P	Diferencia de medias	EE de la diferencia	Tamaño del Efecto	Inferior	Superior		
20	-6.05	3.00	0.009	-0.407	0.0672	d de Cohen	-5,52	-12,55	0,477
30	-6.46	3.00	0.008	-0.468	0.0725	d de Cohen	-5,9	-13,38	0,439
40	-3.77	3.00	0.033	-0.453	0.1203	d de Cohen	-3,44	-7,98	0,732
50	-2.73	2.00	0.112	-0.447	NaN	d de Cohen	NaN	NaN	NaN
RM	-2.18	3.00	0.117	-29.643	135.789	d de Cohen	-1,99	-4,91	0,99

Tabla 4 comparación entre mujeres de las dos modalidades (resistencia y potencia)

La diferencia entre modalidades del grupo principal “hombres” se presentan en la **Fig 4**, en esta se puede evidenciar la comparación de las velocidades con cada carga absoluta respecto al tamaño del efecto tomando como referencia el punto 0 del plano. Allí, los sujetos que están a la derecha de este punto representan a los deportistas del grupo de “hombres potencia”; los sujetos que están a la izquierda del punto 0 pertenecen al grupo de “hombres resistencia”. Con lo anterior se puede deducir que el grupo de “hombres potencia” presentan mejores valores de velocidad que los sujetos de “hombres resistencia”.

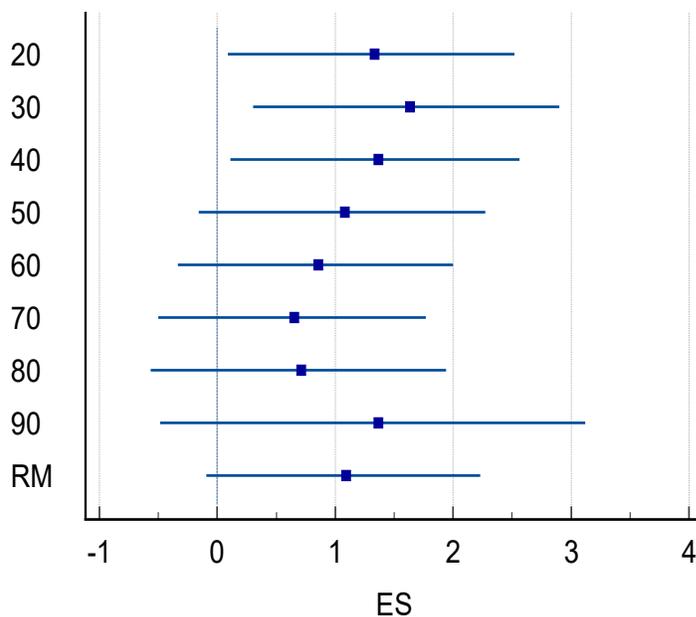


Figura 4 Relación entre modalidades (potencia y resistencia) en el grupo de “hombres”.

Así mismo, en la **Fig 5** se observa la diferencia entre modalidades del grupo principal “mujeres” analizando la diferencia entre la velocidad con cada carga absoluta respecto al tamaño del efecto tomando como referencia el punto 0 del plano. Las dos líneas de la parte superior representan al grupo de “mujeres potencia”. Y las dos líneas de la parte inferior representan a los deportistas del grupo de “mujeres resistencia”. Con lo anterior se puede deducir que el grupo de “mujeres potencia” presentan mejores valores de velocidad que los sujetos de “mujeres resistencia”.

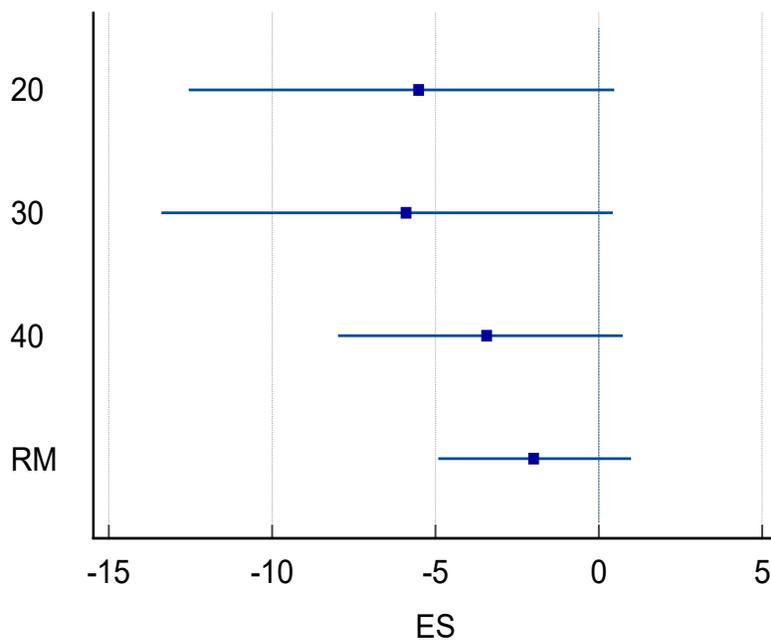


Figura 5 Relación entre modalidades (potencia y resistencia) en el grupo de “mujeres”.

Para representar de mejor forma la velocidad alcanzada con cada %RM los sujetos se clasificaron en grupos según su género: grupo 1 (“hombres”) n=15, grupo 2 (“mujeres”) n=5. Y en subgrupos según su modalidad deportiva, subgrupo 1 (“hombres potencia”) n=9; subgrupo 2 (“hombres resistencia”) n=6; subgrupo 3 (“mujeres potencia”) n=3; subgrupo 4 (“mujeres resistencia”) n=2. Todos los sujetos del grupo 1 (**Fig. 6**) presentaron valores menores de velocidad ante cargas bajas ~40%RM; el 60% (9) de ellos coincidieron con la curva estandarizada en cargas correspondientes al 70%-80% del RM aproximadamente; el 33,3% (5) de los sujetos coincidieron con la curva estandarizada en cargas correspondientes al 50%-60% del RM y el 6,6% (1) coincidió con la línea de tendencia normal en valores superiores al 80%RM. de este grupo 1 se dividen los

dos primeros subgrupos, el primero (**Fig. 7**) “hombres potencia”, en donde se discriminan 9 sujetos practicantes de las modalidades de potencia (lanzamientos, velocidad, saltos). Y se analiza el comportamiento de las curvas carga-velocidad de cada deportista. Todos los sujetos lograron altas velocidades (>1,10 m/s) ante porcentajes relativos de carga bajos <40%RM, sin embargo, al llegar a porcentajes relativos iguales o mayores al 40% del RM los sujetos presentan velocidades menores a las correspondientes según la curva estandarizada. El 44% de ellos (4) coincidieron con la curva estandarizada en cargas correspondientes al 50%-60% del RM aproximadamente, El otro 44% de ellos (4) coincidieron con la curva estandarizada en cargas correspondientes al 70%-80% del RM aproximadamente, y el 12% coincide con la curva con valores superiores al 80%.

Asi mismo, en la **Fig. 8**. Se presentan los valores de los sujetos pertenecientes al subgrupo 2 “hombres resistencia” del cual hacen parte de los datos de 6 sujetos de los cuales el 100% de ellos presentan velocidades menores a la línea de referencia cuando se desplazan con cargas correspondientes al 40%-50% del RM. La mayoría de ellos (66%) presenta una regularidad con la línea estándar en valores pertenecientes al 70%-80%RM, y el 100% superan los valores de referencia con cargas mayores al 80%RM.

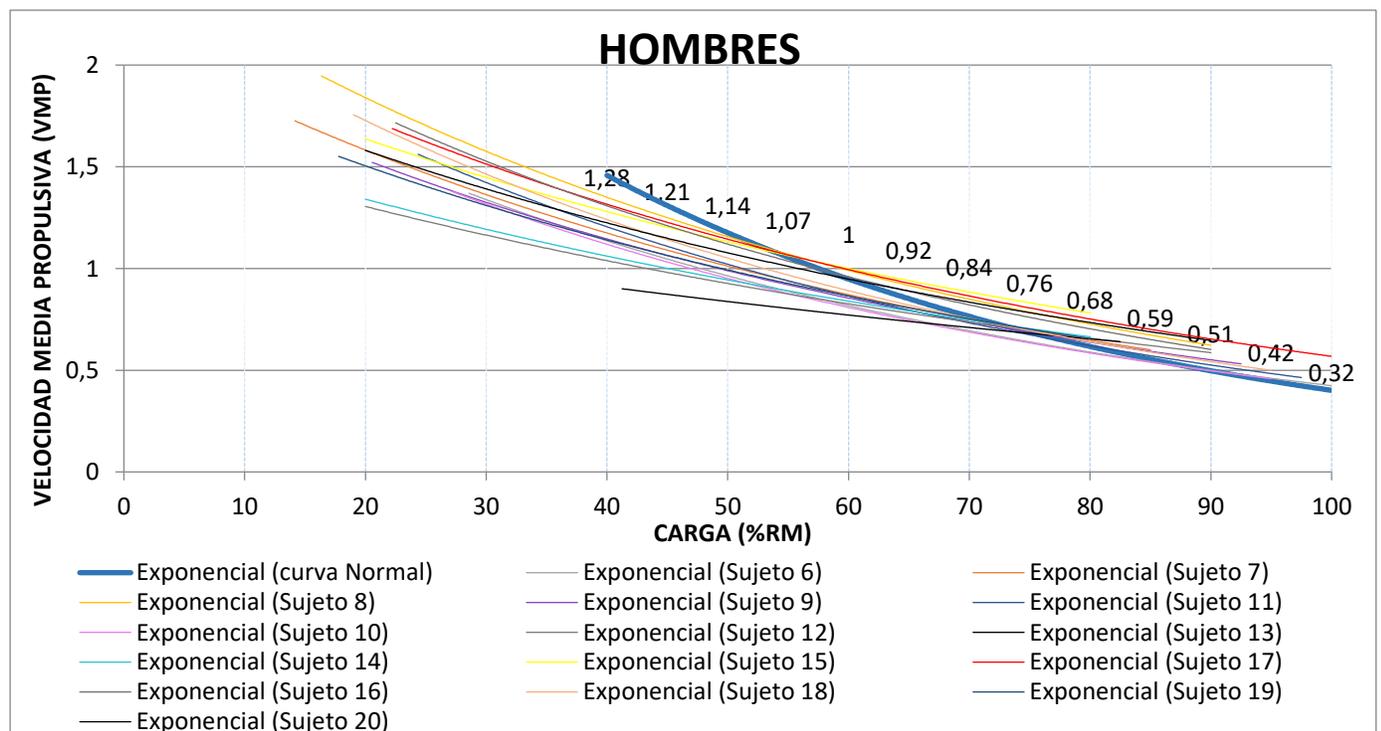


Figura 6 Relaciones entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 15 atletas hombres de las dos modalidades. Las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010)

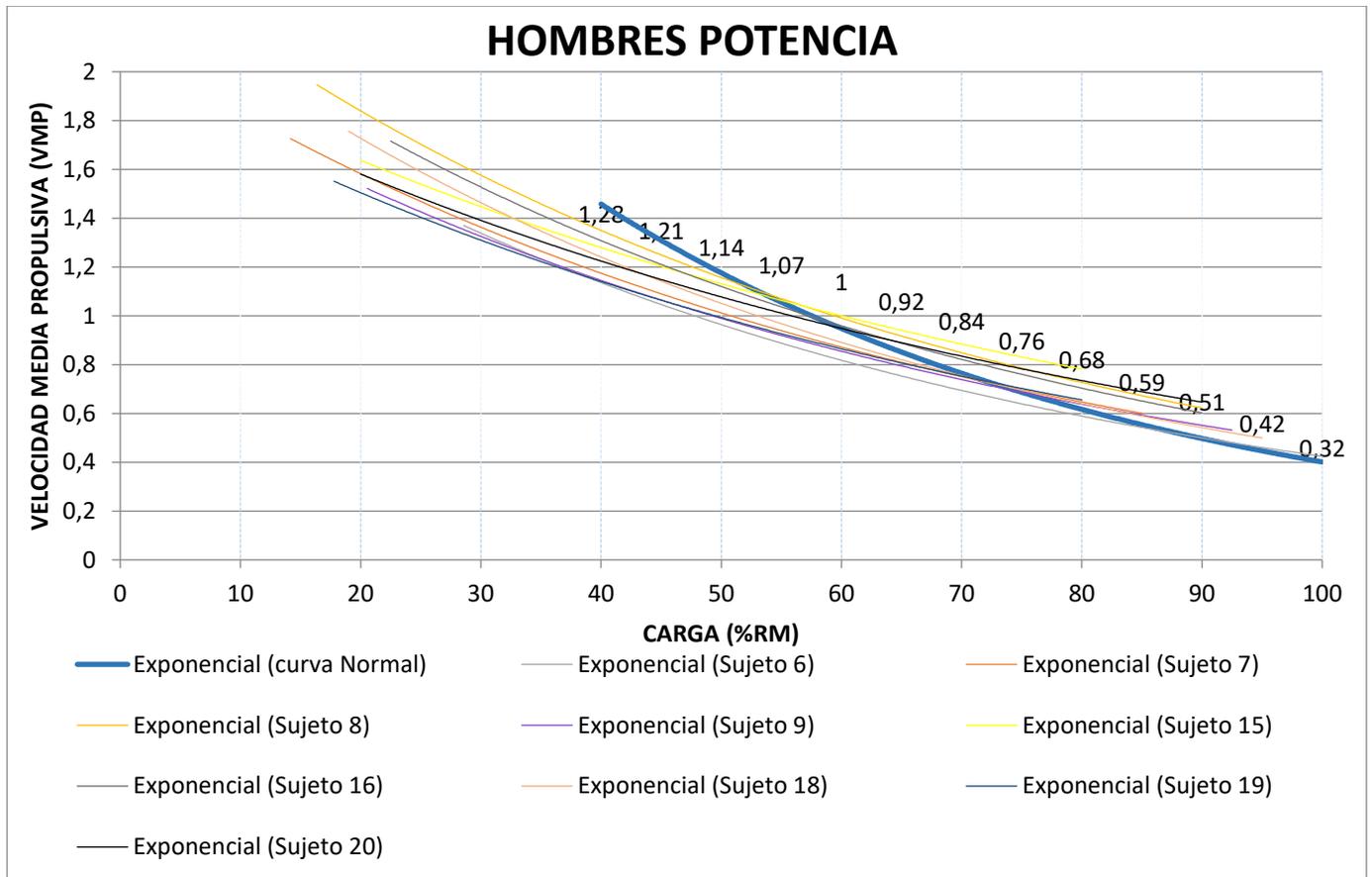


Figura 7 Relaciones entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 9 atletas hombres de la modalidad de potencia. Cada sujeto es caracterizado por un color en su línea de tendencia, las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010)

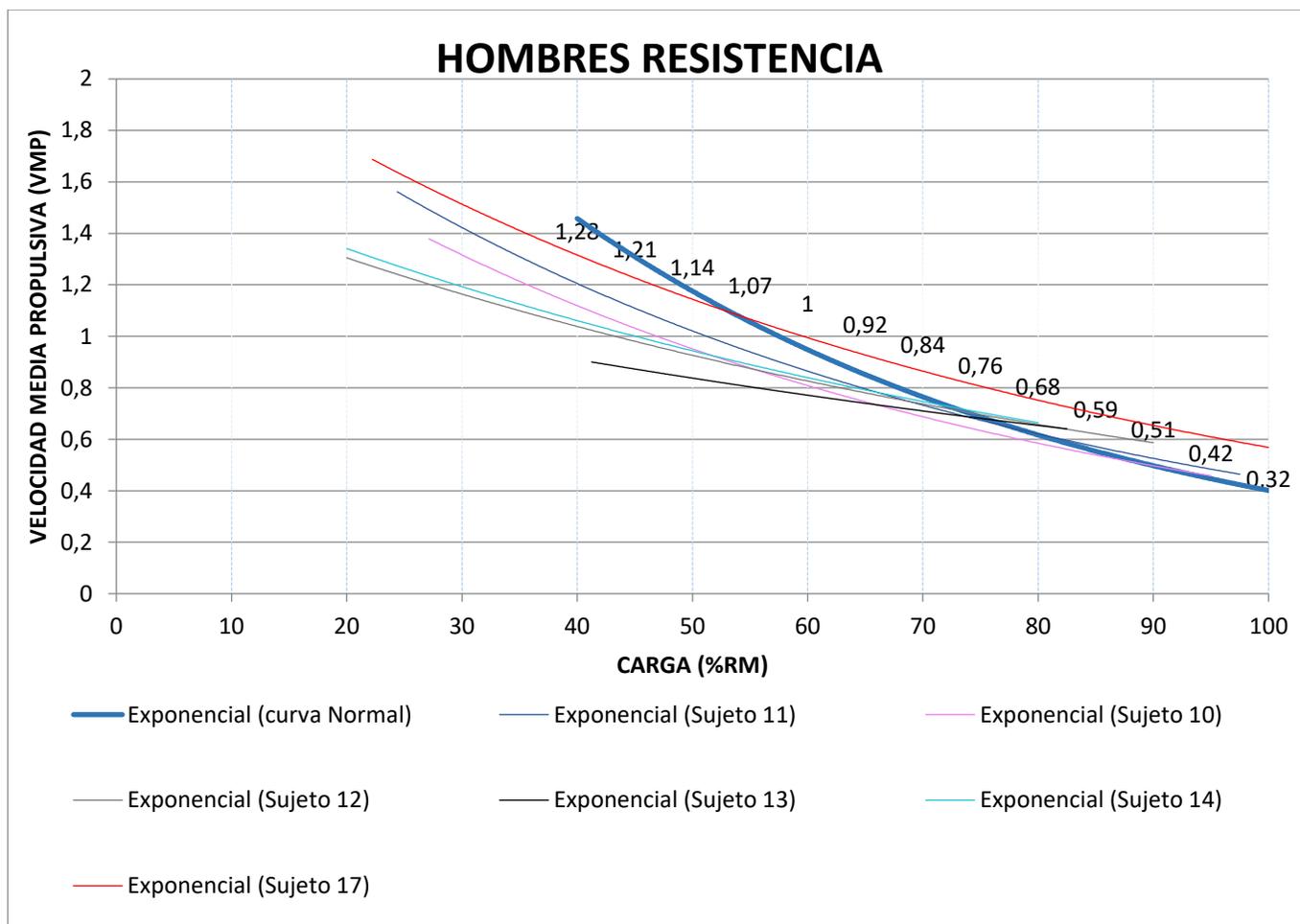


Figura 8 Relaciones entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 6 atletas hombres de la modalidad de resistencia. Cada sujeto es caracterizado por un color en su línea de tendencia, las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010)

En la **Fig. 9** se observan los datos que representan al grupo 2 “mujeres”, donde se recoge la evidencia de la muestra que une al subgrupo 3 y al subgrupo 4. Este grupo lo conforman 5 mujeres, de las cuales el 100% de ellas presentaron valores menores de velocidad ante cargas comprendidas entre 40%-70%RM; el 20% (1) de ellas coincidieron con la curva estandarizada en cargas correspondientes al 70%-80% del RM. 4 de ellas, (80%) tuvo datos cercanos a la línea de tendencia estándar cuando sobrepasó el 70% del RM.

Dentro del grupo 2 “mujeres” las que representan mejores velocidades ante las diferentes cargas son las pertenecientes a las modalidades de potencia (**Fig. 10**), sin embargo, los valores observados ante cargas bajas y medias muestran menores velocidades respecto a la línea estándar.

Sobrepasando los valores de velocidad de la línea con cargas mayores a 70% RM aproximadamente.

Algo similar se evidencia en la **Fig 11**, donde se hallan 2 sujetos pertenecientes al subgrupo 4 “mujeres resistencia”, en esta figura se observa grandes diferencias entre las velocidades alcanzadas con cada intensidad relativa respecto a la línea estándar. Los dos sujetos tienden a juntarse a la línea de referencia aproximadamente en el 90% del RM.

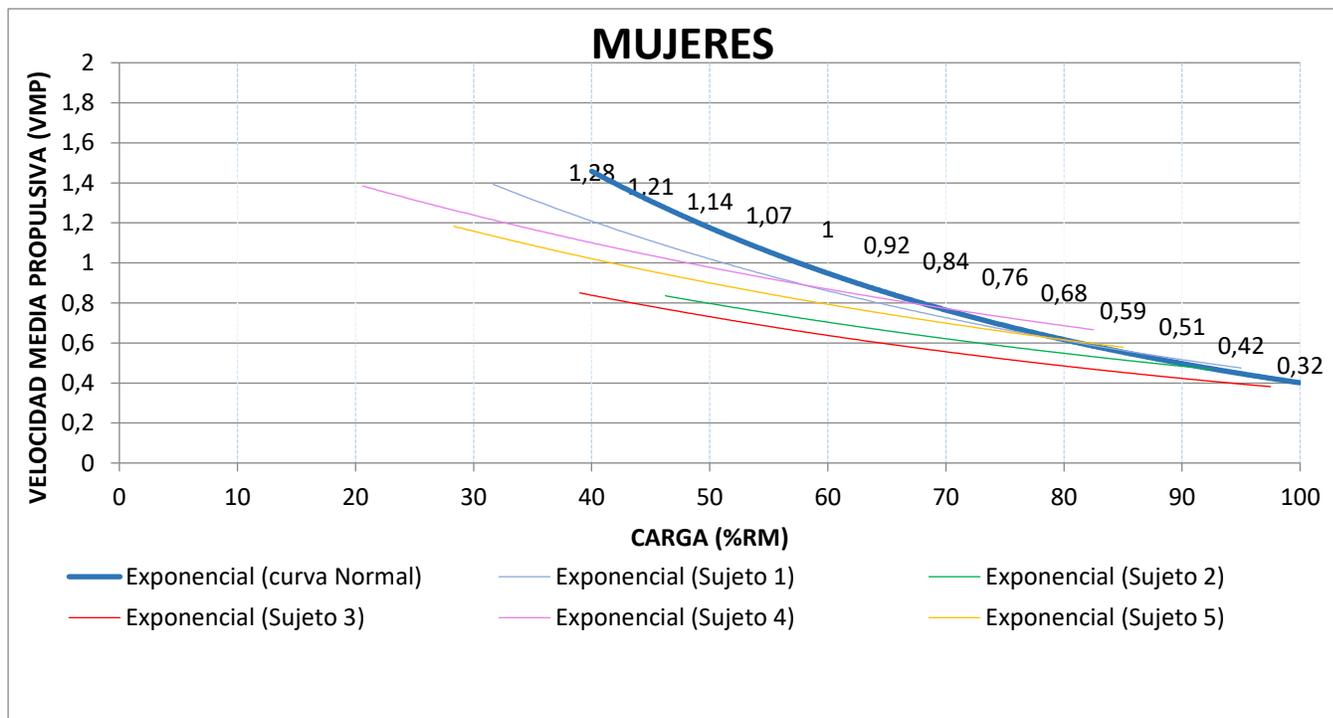


Figura 9 Relaciones entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 5 atletas mujeres de las dos modalidades. Las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010)

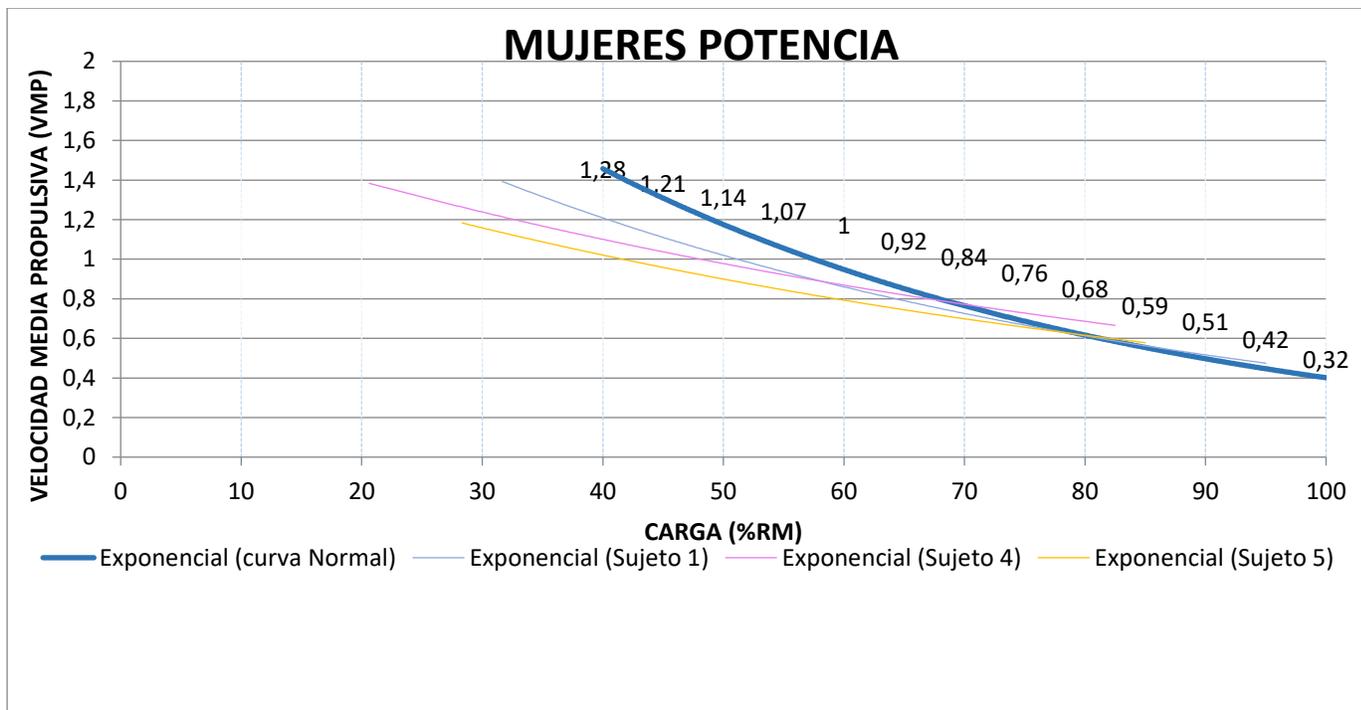


Figura 10 Relaciones entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga de sentadilla libre realizadas en la muestra de 3 atletas mujeres de la modalidad de potencia. Cada sujeto es caracterizado por un color en su línea de tendencia, las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada.

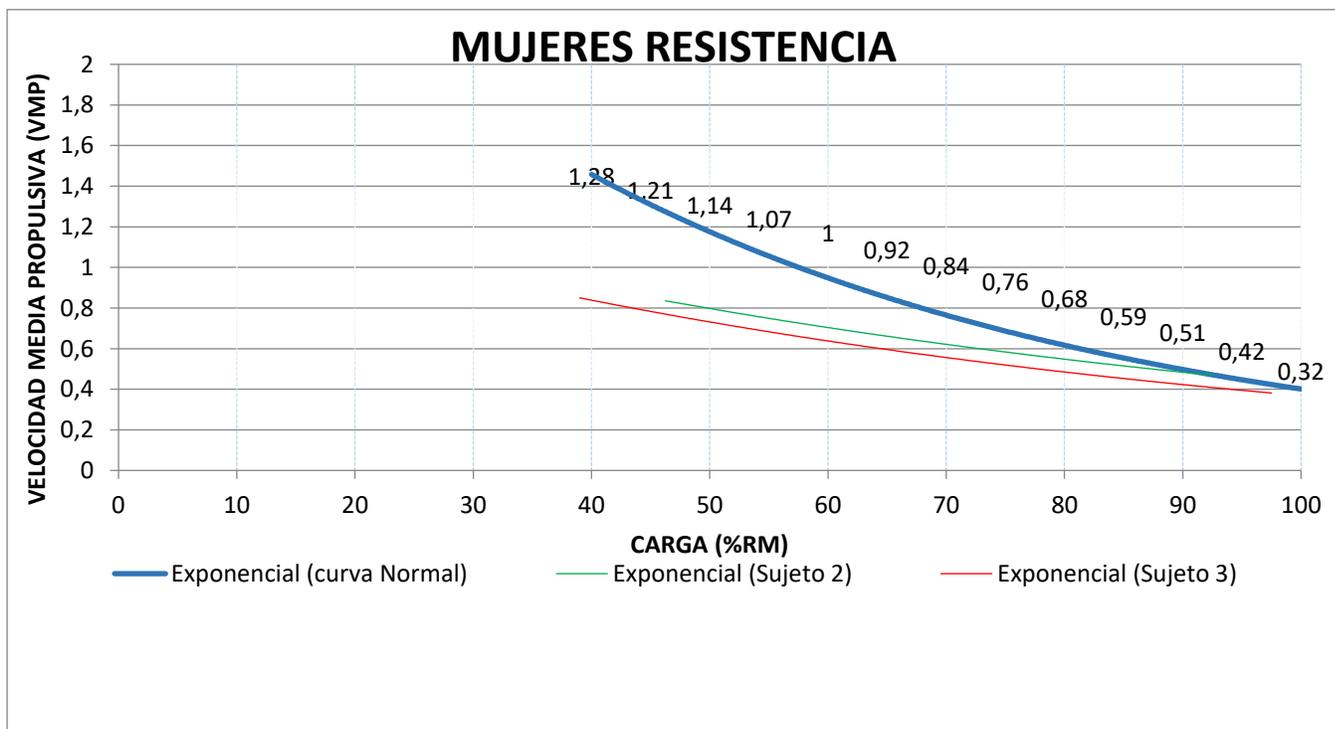


Figura 11 Relaciones entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de la barra (VMP) para el ejercicio de sentadilla profunda. Datos obtenidos de los valores brutos de carga-velocidad derivados de las pruebas progresivas de carga

de sentadilla libre realizadas en la muestra de 2 atletas mujeres de la modalidad de resistencia. Cada sujeto es caracterizado por un color en su línea de tendencia, las líneas continuas muestran la curva ajustada a los datos. Las líneas en la que sobresalen los valores indica la curva estandarizada. (Badillo et al;2010)

8 Discusión

El objetivo de este estudio fue analizar y comparar la curva carga-velocidad en el ejercicio de sentadilla profunda de los deportistas del equipo representativo de atletismo de la Universidad de Antioquia en las modalidades de resistencia y de potencia. El principal hallazgo fue encontrar el déficit de fuerza común que presentan todos los deportistas ante cargas ligeras, además se observó que los subgrupos de potencia de los dos grupos principales (hombres y mujeres) mostraron valores más cercanos en la velocidad media propulsiva respecto a la línea estandarizada comparados con los sujetos de la modalidad de resistencia, esto pudo suceder por las características y necesidades propias de cada modalidad deportiva. Además, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la aplicación de fuerza entre los grupos ante cargas absolutas ligeras ($VMP > 1 \text{ m/s}$).

En los resultados analizados de este estudio se pudo evidenciar una diferencia estadísticamente significativa en los grupos de hombres y mujeres al comparar los grupos de resistencia y de potencia principalmente con cargas ligeras ($VMP > 1 \text{ M/S}$). Los resultados demuestran que el grupo de potencia aplica más fuerza ante estas cargas. Lo anterior puede estar relacionado por la cultura y la percepción que tienen los deportistas y entrenadores de estas modalidades, especialmente de resistencia, ya que desconocen los beneficios del entrenamiento de fuerza para el aumento del potencial del atleta, Además, tienen la creencia que el entrenamiento de fuerza en estos deportistas produce hipertrofia y afecta el rendimiento. Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014).

Las características observadas en todas las gráficas demuestran lo que sería la representación del déficit de fuerza en los grupos analizados. Este concepto hace referencia a la diferencia existente entre la fuerza aplicada ante una carga máxima respecto a la fuerza que se aplica con las otras cargas (Badillo 2019). Este fenómeno se puede observar en el presente estudio principalmente en las velocidades alcanzadas por los deportistas en las cargas ligeras ($VMP > 1 \text{ m/s}$). lo anterior es una característica relevante en deportistas que entrenan con bajas velocidades voluntariamente lo que se traduce como la incapacidad del deportista de desarrollar su potencial de fuerza ante cargas livianas, esto pudo haberse producido por el tipo de entrenamiento de fuerza que realizan estos deportistas con regularidad, pues en la periodización del entrenamiento se desarrollan etapas en las que los deportistas a pesar de tener cargas relativas bajas (50%-60%) no tuvieron en

cuenta la velocidad de ejecución y realizaron muchas repeticiones en cada serie (10-20) lo que se traduce en una pérdida de velocidad en la serie alta.

Acorde a lo anterior, la evidencia indica que el entrenamiento de fuerza tiene efectos positivos en factores determinantes del rendimiento en atletas, como lo es la economía de carrera, factor indispensable en la modalidad de resistencia (Taipale et al 2010). Además, autores como (Rodríguez 2017; Pareja-Blanco et al., 2017) reflejan en sus estudios que el entrenamiento de fuerza con cargas livianas (1m/s) y pérdidas de velocidad bajas (10%-20%) producen efectos positivos en acciones como el sprint y el salto, actividades básicas indispensables en la modalidad deportiva de potencia. Por ende, los resultados de la evaluación realizada en este estudio demuestran la necesidad de incluir este componente en los procesos de entrenamiento posteriores que se realicen en estos deportistas.

El correcto desarrollo de esta capacidad y el análisis de los resultados del estudio actual permitirán al entrenador promover estrategias óptimas para su proceso de entrenamiento, Teniendo en cuenta la consecución de los efectos producidos por este como lo es el aumento de la tasa de desarrollo de fuerza (RFD) que se puede concebir como la capacidad del sistema muscular de producir fuerza después de un periodo sostenido de alta intensidad lo que es esencial no solo en deportes de potencia sino también en la modalidad de resistencia Rønnestad, B. R., & Mujika, I. (2014).

9 Conclusiones

En conclusión, los hallazgos de este estudio mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre las velocidades alcanzadas por los deportistas de ambos grupos (hombres y mujeres) de la modalidad de potencia y los deportistas de la modalidad de resistencia ante cargas livianas (1 m/s). Lo anterior, permite rechazar las hipótesis nulas y aceptar las hipótesis alternas propuestas en este estudio. Además, la totalidad de los deportistas presentó déficit de fuerza ante cargas livianas, siendo esta diferencia más marcada en los deportistas de resistencia.

10 Recomendaciones

Este estudio sirve como base fundamental para abordajes futuros sobre el entrenamiento de fuerza basado en el control de la velocidad. Además, es pionera en el avance científico a nivel nacional, específicamente en el ámbito universitario. Sería importante seguir por la línea presente y realizar investigaciones similares con deportistas de distintas modalidades deportivas o de la misma modalidad, pero con diferencias notables en la edad deportiva y en el estado de rendimiento.

Referencias

- Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo: texto básico del Máster Universitario en Alto Rendimiento Deportivo del Comité Olímpico Español y de la Universidad Autónoma de Madrid. Inde.*
- Baena-Marín, M., Rojas-Jaramillo, A., González-Santamaría, J., Rodríguez-Rosell, D., Petro, J. L., Kreider, R. B., & Bonilla, D. A. (2022). Velocity-Based Resistance Training on 1-RM, Jump and Sprint Performance: A Systematic Review of Clinical Trials. *Sports*, 10(1), 8.
- Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J., & Grivas, G. V. (2016). Efectos del Entrenamiento de la Fuerza Sobre la Economía de la Carrera en Corredores Altamente Entrenados: Revisión Sistemática con Metaanálisis de Estudios Controlados. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2361-8.
- Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44, 845-865.
- González B., J. y Gorostiaga, A. E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento. 3.ª ed. Madrid, España: INDE Editorial.*
- González B., J. y Ribas, J. (2003). *Bases del entrenamiento de la programación del entrenamiento de la fuerza. Madrid, España: INDE Editorial.*
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, 31(05), 347-352.
- Ibáñez, J. A. (2015). Aclaración de Términos y Conceptos Utilizados en el Entrenamiento de la Fuerza Explosiva. *Kronos: revista universitaria de la actividad física y el deporte*, 14(2),

- Kraemer, W. J. y Fleck, S. J. (2010). *Cómo optimizar el entrenamiento de fuerza: diseño de ejercicios de periodización ondulante*. Ciudad: Arkano Books.
- Manso, J. M. G., Valdivielso, M. N., & Caballero, J. A. R. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo: principios y aplicaciones*.
- Martínez Cava, A. (2015). Validez y reproducibilidad de la velocidad de desplazamiento de las cargas como indicador del carácter del esfuerzo.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International journal of sports medicine*, 35(11), 916-924.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., ... & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(7), 724-735.
- Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 512-519.
- Rønnestad, B. R., & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(4), 603-612.
- Rosell, D. R. (2017). *La velocidad de ejecución como variable para el control y la dosificación del entrenamiento y como factor determinante de las adaptaciones producidas por el entrenamiento de fuerza* (Doctoral dissertation, Universidad Pablo de Olavide).

Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports medicine international open*, 1(02), E80-E88.

Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports medicine international open*, 1(02), E80-E88.

Taipale, R. S., Mikkola, J., Nummela, A., Vesterinen, V., Capostagno, B., Walker, S., ... & Häkkinen, K. (2010). Strength training in endurance runners. *International journal of sports medicine*, 31(07), 468-476.